



Hochschule Neubrandenburg  
University of Applied Sciences

**Hochschule Neubrandenburg**

**Fachbereich Agrarwirtschaft und Lebensmittelwissenschaften**

**Studiengang Lebensmitteltechnologie**

**WS 2011/2012**

## **Vergleich von akustischen, instrumentellen und sensorischen Methoden zur Ermittlung der Knackigkeit von Essiggurken**

Bachelorarbeit

**Verfasser:** Juliane Reichardt

**Betreuer:** Prof. Dr. Peter Meurer  
Prof. Dr. Jörg Meier

Neubrandenburg, 09.02.2012

**Abstract**

In the texture analysis of foods does the crispness and firmness of products play an important role. For fruit and vegetables, these characteristics the freshness of a product. The focus of this study to analyze the crispness of gherkin is pasteurized in glass. Here, the strength of the gherkins is considered from different points of view. It will be carried out experiments for the change in crispness between the stem and the blossom end of a gherkins fruit, the strength of gherkins in pasteurized pickle jar and the length-width ratio of pickles to determine and analyze the change in the crispness. The experiments were performed using three different methods. For one study found an instrumental rather than with the Texture Analyser. For further consideration of the texture analyzer was an acoustic module connected with a microphone so the sound pressure level and significant, acoustic peaks could be determined. In conclusion, a sensory evaluation carried out with the found was that the panelists can detect the same differences between the samples, such as the mechanical methods, or whether very small differences are only detectable by machine.

## Inhaltsverzeichnis

<b>1. EINLEITUNG</b> .....	<b>6</b>
<b>2. STAND DER WISSENSCHAFT UND TECHNIK</b> .....	<b>7</b>
2.1 GURKEN .....	7
2.1.1 AUFBAU DES FRUCHTGEWEBES .....	7
2.1.2 ESSIGGURKENHERSTELLUNG.....	9
2.2 AKUSTIK .....	9
2.2.1 MIKROFONE .....	11
2.2.2 AKUSTIK IN DER TEXTURANALYSE.....	11
2.3 TEXTUR.....	12
2.3.1 METHODEN DER TEXTURBESTIMMUNG .....	13
<b>3. MATERIAL UND METHODEN</b> .....	<b>15</b>
3.1 VERSUCHSPLANUNG .....	15
3.1.1 KNACKIGKEIT VOM STIELENDE BIS ZUM BLÜTENENDE .....	15
3.1.2 KNACKIGKEIT VON PASTEURISIERTEN GURKEN IM GLAS.....	16
3.1.3 KNACKIGKEIT VON GURKENSCHLEIBEN MIT UNTERSCHIEDLICHEN DURCHMESSER .....	17
3.2 ROHSTOFFE.....	18
3.3 ANALYTISCHE METHODEN .....	18
3.3.1 INSTRUMENTELLE METHODEN .....	18
3.3.2 AKUSTISCHE METHODEN.....	19
3.4 SENSORISCHE METHODEN.....	21
3.5 STATISTISCHE AUSWERTUNG DER DATEN .....	23
<b>4. ERGEBNISSE</b> .....	<b>24</b>
4.1 KNACKIGKEIT VON GURKENFRÜCHTEN VOM STIELENDE BIS ZUM BLÜTENENDE .....	24
4.1.1 INSTRUMENTELLE MESSUNG .....	24
4.1.2 AKUSTISCHE MESSUNG .....	26
4.1.3 SENSORISCHE BEURTEILUNG .....	29
4.1.4 T-TEST NACH GOSSET .....	30
4.2 KNACKIGKEIT VON PASTEURISIERTEN GURKENFRÜCHTEN IM GLAS.....	32
4.2.1 INSTRUMENTELLE MESSUNG .....	32
4.2.2 AKUSTISCHE MESSUNG .....	34

4.2.3 SENSORISCHE BEURTEILUNG .....	37
4.2.4 T-TEST NACH GOSSET .....	38
4.3 KNACKIGKEIT VON GURKENFRÜCHTEN MIT UNTERSCHIEDLICHEN DURCHMESSER .....	40
4.3.1 ERSTE VERSUCHSREIHE .....	40
4.3.1.1 INSTRUMENTELLE MESSUNG .....	40
4.3.1.2 AKUSTISCHE MESSUNG .....	42
4.3.1.3 SENSORISCHE BEURTEILUNG .....	45
4.3.2 ZWEITE VERSUCHSREIHE .....	46
4.3.2.1 INSTRUMENTELLE MESSUNG .....	46
4.3.2.2 AKUSTISCHE MESSUNG .....	48
4.3.2.3 T- TEST NACH GOSSET .....	51
<b>5. DISKUSSION .....</b>	<b>53</b>
5.1 VERGLEICH DER AKUSTISCHEN, INSTRUMENTELLEN UND SENSORISCHEN METHODEN MIT EINER GURKENFRUCHT VOM STIEL- BIS ZUM BLÜTENENDE .....	53
5.2 VERGLEICH DER AKUSTISCHEN, INSTRUMENTELLEN UND SENSORISCHEN METHODEN VON PASTEURISIERTEN GURKENFRÜCHTEN IM GLAS .....	55
5.3 VERGLEICH DER AKUSTISCHEN, INSTRUMENTELLEN UND SENSORISCHEN METHODEN VON GURKENFRÜCHTEN MIT UNTERSCHIEDLICHEM DURCHMESSERS .....	56
<b>6. ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>59</b>
<b>7. LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>60</b>
<b>8. VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN UND TABELLEN.....</b>	<b>63</b>
8.1 ABBILDUNGEN.....	63
8.2 TABELLEN .....	65
<b>9. FORMELVERZEICHNIS .....</b>	<b>66</b>
<b>10. VERZEICHNIS DER ANLAGEN .....</b>	<b>67</b>
<b>11. ANHANG.....</b>	<b>69</b>
<b>ERKLÄRUNG ÜBER DIE SELBSTSTÄNDIGE ANFERTIGUNG DER ARBEIT.....</b>	<b>91</b>

## Verzeichnis der verwendeten Formelzeichen, Symbole und Abkürzungen

Symbol/ Index	Bezeichnung	Einheit
$L_p$	Schalldruckpegel	
$p_{\text{eff}}$	gemessener Schalldruck	Pa
$p_{\text{eff}0}$	Hörschwellendruck	Pa

### Abkürzungen

AED	Acoustic Envelope Detector
DGQ	Deutsche Gesellschaft für Qualitätsforschung
DIN	Deutsche Institut für Normung
Hz	Hertz
ISO	Internationale Organisation für Normung
lg	Logarithmus
MHD	Mindesthaltbarkeitsdatum
N	Newton
Pa	Pascal
TPA	Texture Profile Analyse

## 1. Einleitung

Obst und Gemüse haben für die ausgewogene Ernährung eine bedeutende Rolle. Bei der Auswahl dieser Produkte im Supermarkt ist neben dem Aussehen, der Farbe und dem Geschmack vor allem die Textur ein entscheidendes Merkmal. Die Textur ist ein wesentliches Qualitätskriterium der Ware. Durch die ISO wird die Textur als Gesamtheit aller rheologischen und strukturellen Eigenschaften eines Lebensmittels, welches durch mechanische, taktile, visuelle und auditive Rezeptoren wahrnehmbar ist, beschrieben. Fehlt diese, werden die Produkte vom Konsumenten abgelehnt. Aus diesem Grund legt die Industrie einen großen Wert auf eine feste, knackige Textur. Besonders eingelegte Gurken verlieren, bei nicht sorgfältiger Handhabung, schnell ihre feste Struktur. Deshalb ist es besonders wichtig, die „Knackigkeit“ von Essiggurken während der Verarbeitung zu kontrollieren. Zur Überprüfung der Textur werden in der Industrie vornehmlich sensorische Methoden angewandt. Es werden aber auch instrumentelle Methoden, wie der Texture Analyser mit verschiedenen Messvorrichtungen wie der Kramer-Scherzelle oder das Penetrometer eingesetzt. Die Ermittlung der Festigkeit wird bisher selten mit einem Akustik-Element durchgeführt. Allerdings könnte diese zusätzliche Methode ein noch genaueres Ergebnis bei der Texturanalyse von Gurkenfrüchten liefern.

Ziel dieser Arbeit ist es, die Knackigkeit von Essiggurken unter verschiedenen Gesichtspunkten zu betrachten. Dazu werden instrumentelle Versuche mit dem Texture Analyser durchgeführt. Damit die instrumentell ermittelten Texturdaten den sensorischen Empfindungen möglichst gut entsprechen, wird an den Texture Analyser zusätzlich ein akustisches Element, der Acoustic Envelope Detector (AED) angeschlossen. Anschließend werden die Gurken noch von einem sensorischen Panel auf ihre Knackigkeit hin untersucht. Abschließend soll festgestellt werden, ob auch geringfügige Unterschiede in der Textur von einem sensorisch geschulten Panel wahrgenommen werden können, oder ob diese nur durch instrumentelle und akustische Methoden klar zu erkennen sind.

## 2. Stand der Wissenschaft und Technik

Im folgenden Kapitel soll an das Thema herangeführt und der Stand von Wissenschaft und Technik erläutert werden.

### 2.1 Gurken

Gurken (*Cucumis sativus*) wurden bereits vor 4000 Jahren an den Südhängen des Himalajas angebaut. Aufgrund ihrer hohen klimatischen Ansprüche werden Salatgurken in Mitteleuropa vor allem in Gewächshäusern und Folientunneln kultiviert. Gurken lassen sich in zwei Hauptgruppen einordnen: Salatgurken und Essiggurken. Sie gehören zur Familie der *Cucurbitaceae* (Kürbisse und Zucchini). Da in diesem Projekt mit Essiggurken gearbeitet wurde, soll sich die weitere Betrachtung nur auf Einlegegurken beziehen.

Die Gurkenpflanze ist eine einjährige, krautige Pflanze. Sie ist sehr frostempfindlich und bildet ihre Triebe vorrangig am Boden oder an Drähten und Gerüsten aus. Botanisch gesehen ist die Einlegegurke ein Fruchtgemüse mit fleischigen Beerenfrüchten in unterschiedlichen Formen und Größen. Die Oberfläche kann glatt, gefurcht oder knotenhöckerig sein. Die Essiggurke wird meistens unter freiem Himmel angebaut. Ihre Länge kann nur wenige Zentimeter betragen, aber sie kann auch bis zu 20 cm groß werden. Die Früchte besitzen einen großen ernährungsphysiologischen Wert. Sie bestehen zu 96-97 % aus Wasser. Des Weiteren sind Proteine (0,6 g/100 g), Fette (0,2 g/100 g), Kohlenhydrate (1,3 g/100 g), Rohfasern (0,5 g/100 g) und Mineralstoffe (0,6 g/100 g) enthalten. Ihr Energiewert beträgt 9,7 kcal/100 g. Die Haupterntezeit der Essiggurke ist von Mitte August bis Mitte September. Fast die gesamte Ernte geht in die Konservenindustrie. Primär werden Früchte der Größen 6-9 cm und 9-12 cm und einem Längen-Dicken-Verhältnis von 3:1 mit kleinen Warzen und weißen Stacheln verarbeitet. Es gibt zahlreiche Arten von Einlegegurken. Dazu gehören die Cornichons, Delikatessgurken, Senfgurken, Zuckergurken, Salzdillgurken und die Industriegurken. Industriegurken sind sterilisierte Gurkenstücke, Gurkenscheiben, -würfel und -streifen (Liebster, 1995; Elmadfa, 2008).

#### 2.1.1 Aufbau des Fruchtgewebes

Obst und Gemüse bestehen, wie alle Pflanzen, aus zahlreichen Zellen. Der mikrostrukturelle Aufbau der Früchte beeinflusst die Textur der Früchte und des Endproduktes. Die Knackigkeit und Festigkeit des Gewebes ist vor allem von der Größe, Form und Anordnung der Zellen abhängig. Der Druck der Zellwände zusammen mit den Mittellamellen bilden das mechanische Skelett des Gewebes. Sie sind hauptsächlich für die Stärke des Gewebes verantwortlich.

Durch technologische Prozesse, wie Kochen und Einfrieren wird die Zellstruktur verändert und es kommt zur Schwächung des Gewebes (Rosenthal, 1999; Zdunek, 2005). Einlegegurken haben sehr unterschiedliche Zellstrukturen.

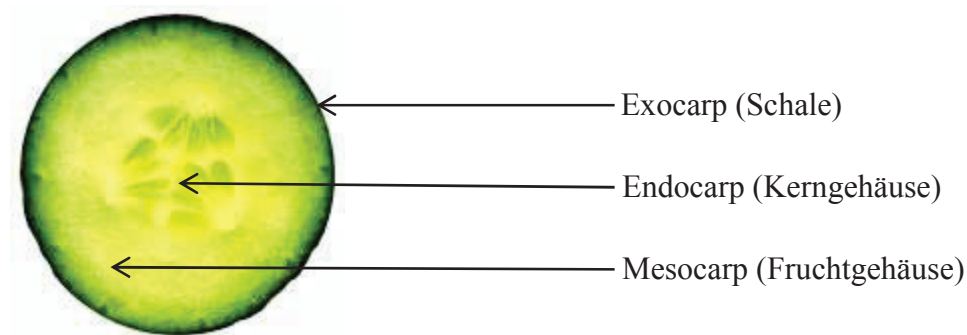


Abbildung 1: Fruchtgewebe einer Gurkenscheibe (Eising, 2011)

Wie in Abbildung 1 dargestellt, besteht die Gurke aus drei verschiedenen Gewebebereichen. Die Schale (Exocarp) ist meist fest. Sie kann aber auch, je nach Sorte, zäh und ledrig sein. Das Kerngehäuse (Endocarp) ist im Gegensatz dazu sehr weich. Zwischen diesen beiden Bereichen liegt das Fruchtfleisch (Mesocarp), welches eine durchschnittliche Festigkeit besitzt. Einlegegurken weisen, je nach Größe, ein sehr unterschiedliches Verhältnis von Endocarp und Mesocarp auf. Die Textur der gesamten Gurken wird von der Größe (Länge und Dicke) der Frucht wesentlich beeinflusst. Aus diesem Grund ist es besonders wichtig eine reproduzierbare Stichprobe für die Texturmessung zu verwenden. Auch im Querschnitt und in der Längsrichtung haben Gurkenfrüchte sehr unterschiedliche Texturbereiche. Thompson (1982) und Marshall (1975) haben bereits Versuche an Einlegegurken durchgeführt und festgestellt, dass die Textur (Knackigkeit und Festigkeit) der Gurkenfrucht vom Stielende zum Blütenende hin abnimmt. Aufgrund der zum Teil großen Festigkeitsunterschiede innerhalb einer Frucht, ist es wichtig bei der Texturanalyse darauf zu achten, dass die verwendete Probe immer aus dem gleichen Segment der Gurke stammt. Ansonsten werden keine reproduzierbaren Ergebnisse gewonnen. Ebenfalls wurde von Thompson (1982) und Marshall (1975) festgestellt, dass je länger und dicker eine Gurkenfrucht ist, ihre Festigkeit und Knackigkeit abnimmt. Ebenso weisen unterschiedlich große Früchte sehr verschiedene Verhältnisse von Kernhausanteil zu Fruchtfleischanteil auf, welches die komplette Textur der Gurken deutlich beeinflusst. Diese Feststellung regt dazu an, vor der Texturmessung eine Größensortierung der Gurken vorzunehmen, um den Einfluss der unterschiedlichen Textur durch die Größen der Früchte auszuschließen (Weichmann, 1997).



### 2.1.2 Essiggurkenherstellung

Bei der Essiggurkenherstellung werden die Gurken im ersten Schritt gewaschen. Dies geschieht meist durch eine Trommelwaschmaschine. Anschließend werden sie von Hand verlesen, dabei werden verdorbene, verfärbte, beschädigte, zu kleine/große Gurken, Krüppel sowie Blüten und Stiele aussortiert.

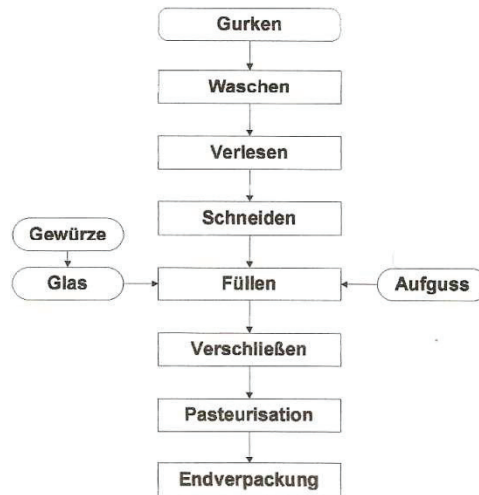


Abbildung 2: Fließschema Essiggurkenherstellung (Meurer, 1991)

Danach werden die verlesenen Früchte nach Bedarf geschnitten. Nun werden sie durch einen Vibrationsfüller in die Gläser gefüllt. Das Vibrieren dient dazu, so viele Gurken wie möglich in das Glas zubekommen. Am nachfolgenden Nachpackband wird kontrolliert, ob die Gläser ausreichend gefüllt sind und bei Bedarf mit der Hand nachgefüllt. Bevor die Gläser verschlossen werden, wird über einen Vakuümfüller der Aufguss hinzugegeben. Zum Abschluss gelangen die nun verschlossenen Gläser in einen Tunnelpasteur, wo sie pasteurisiert werden. Dabei sind die Zeiten und Temperaturen variabel einstellbar. Eine übersichtliche Grafik der Essiggurkenherstellung ist dem Fließschema in den Abbildung 2 zu entnehmen (Meurer, 1991).

### 2.2 Akustik

Die Akustik ist die Lehre vom Schall. Diese kann in die physikalische und die physiologische Akustik unterteilt werden. Die physikalische Akustik befasst sich mit in den Hörbereich fallenden mechanischen Wellen und Schwingungen. Mit der Wirkung des Schalls auf das Hörorgan von Mensch und Tier befasst sich die physiologische Akustik.

Der Schall entsteht durch Schwingungen der Luftmoleküle, welche durch eine Schallquelle angeregt werden. Dieser wird in drei Arten unterschieden: Luftschall, Flüssigkeitsschall und Körperschall. Als Lautstärke wird der „effektive Schalldruck“ (Schallwechseldruck) wahrgenommen.

Durch das Hin- und Herschwingen der Gasmoleküle, gibt es an einem Ort zeitlich abwechselnd Unter- und Überdruck. Eine Verzehnfachung des Schallwechseldrucks entspricht in etwa einer Verdoppelung der Lautstärke. Der hörbare Frequenzbereich des Menschen liegt zwischen ca. 50 und 16000 Hz. Die Hörschwelle entspricht einem gerade noch hörbaren Geräusch. Als Schmerzschwelle hingegen wird der Schalldruck bezeichnet, bei dem ein Schmerzempfinden ausgelöst wird. Die Stärke des Schalls wird mit Hilfe des Schalldruckpegels  $L_p$  bestimmt.

$$L_p = 20 \cdot \lg \left( \frac{p_{eff}}{p_{eff_0}} \right) dB$$

Formel 1: Schalldruckpegel  $L_p$

Dieser wird durch den 20-fachen Logarithmus des Verhältnisses zwischen dem gemessenen Schalldruck und des Hörschwellendrucks bestimmt. Der Schalldruckpegel ist dimensionslos. Der Hörschwellendruck und der gemessene Schalldruck haben die Einheit Pascal. Je nach Frequenzverlauf und Amplitude wird der Schall unterschiedlich empfunden. Dabei kann er als Ton, Klang, Geräusch oder als Knall wahrgenommen werden.

In der folgenden Abbildung 3 ist der komplexe Aufbau des Ohres dargestellt.

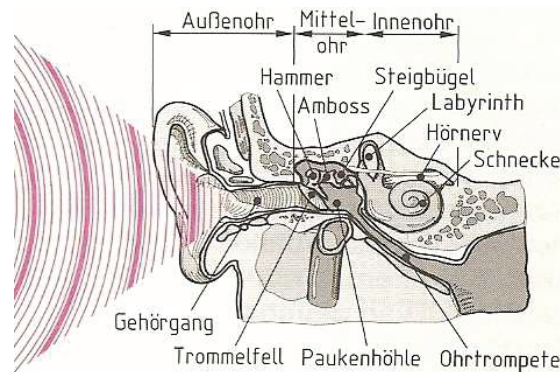


Abbildung 3: Aufbau des menschlichen Ohrs (Herr, 1997)

Wurde ein Schall erzeugt, wird dieser von der Ohrmuschel aufgefangen und über den Gehörgang und über verschiedene Knöchelchen (Hammer, Amboss, Steigbügel) auf das mit Gehörwasser gefüllte Labyrinth übertragen. Das Gehörwasser beginnt zu schwingen und gibt die Schwingungen an die Schnecke weiter. Die Schnecke besteht aus etwa 20000 fein verteilten Härchen, die die Schallenergie in elektrische Impulse umwandelt. Diese werden vom Gehörnerv ins Gehirn weitergeleitet und wahrgenommen (Herr, 1997; Schöne, 2000).

### 2.2.1 Mikrofone

Um Schall oder Schwingungen mit einem Messgerät messen und aufzeichnen zu können sind zahlreiche Einzelteile vonnöten. Solch ein Messgerät besteht aus ein oder mehreren elektromechanischen Wandlern, einer elektronischen Einrichtung, die der Weiterverarbeitung des elektrischen Wandler-Ausgangssignales und der Umwandlung in eine geeignete Anzeige dient. Wichtig ist dabei, dass die Messgeräte sorgfältig geeicht und kalibriert werden. Ebenfalls ist es sehr wichtig, dass die Apparaturen zur Messung von Luftschall nicht auf Erschütterungen oder ein Gerät zur Messung des Körperschalls nicht auf Luftschall ansprechen. Auch weitere Störeinflüsse wie zum Beispiel Temperatur- und Druckänderungen, Wind und Feuchte dürfen die Messergebnisse nicht beeinflussen. Des Weiteren dürfen die großen Schallsignale nicht verzerrt werden und die kleinsten Signale müssen noch weit genug über dem Pegel liegen, der sich durch das möglichst gering zu haltende Eigenrauschen der Messgeräte ergibt.

Es gibt mehrere Arten von Mikrofonen. Dazu gehören unter anderem die Kondensatormikrofone, Kristallmikrofone und elektrodynamische Mikrofone. In der akustischen Messtechnik werden vorwiegend Kondensatormikrofone eingesetzt (Heckel, 1995).

### 2.2.2 Akustik in der Texturanalyse

Bei der instrumentellen Ermittlung der Knackigkeit wird die Kraft und der Weg ermittelt die der Prüfkörper benötigt, um eine Gurkenscheibe zu zerbrechen. Aus diesen Werten lassen sich weitere Größen wie die Steigung, die Energie (Fläche unter der Kurve) und die Klebrigkeit ableiten und berechnen. Wird nun noch zusätzlich die akustische Methode mit einbezogen, können weitere Parameter der Akustik, wie zum Beispiel der maximale Schalldruckpegel und die Anzahl der signifikanten akustischen Peaks, ermittelt werden. Durch die Kombination dieser beiden Methoden entstehen sehr realitätsnahe Werte, die gut mit einem sensorischen Panel verglichen werden können.

Drake wies bereits 1963 nach, dass knackigere Lebensmittel ein lauterer Geräusch beim Zerbeißen erzeugen als weniger knackige Produkte. Vickers und Bourne (1976) zeigten, dass festere Früchte eine größere Amplitude und eine höhere Dichte an akustischen Signalen hervorrufen als weniger feste Früchte. Das Lebensmittel macht quasi mehr „krach“. Knackige Früchte erzeugen während des ersten Bisses mit den Schneidezähnen einen klaren, scharfen Bruch und einen hohen Peak, das fanden Fillon und Kilcast (2002) heraus. Im Gegensatz dazu sagt Zdunek (2010), dass knackige Produkte zwar lauter sind und eine höhere Frequenz aufweisen, jedoch keinen charakteristischen Frequenzpeak besitzen. Diese Geräusche entstehen bei Obst und Gemüse dadurch, dass die Zellwände zerbrechen und einen Ton erzeugen.

Christensen und Vickers (1981) stellten fest, dass die Knackigkeit der Lebensmittel, welche von einem sensorischen Panel untersucht wurden, sehr stark mit den akustischen Intensitäten korrelieren (Zdunek, 2010; Sakurai, 2005; Castro-Prada, 2007).

### 2.3 Textur

Wie bereits in der Einleitung erläutert, erwarten Verbraucher von Obst und Gemüse eine bissfeste und knackige Struktur. Die Textur ist das wichtigste Qualitätsmerkmal dieser Produkte. Durch die Internationale Organisation für Normung (ISO) wurde die Textur wie folgt definiert: „Die Textur ist die Gesamtheit aller rheologischen und strukturellen Eigenschaften eines Lebensmittels, welche durch mechanische, taktile, visuelle und auditive Rezeptoren wahrnehmbar sind.“ Seit den 20er Jahren wird der Begriff der Textur in den Lebensmittelanalytik verwendet. Dabei werden die Deformations-, Fließ-, Haft- und Rauigkeitseigenschaften, sowie die mikroskopische Struktur betrachtet. In der Sensorik wird die Struktur der Lebensmittel durch Tast- und Druckrezeptoren, den Gehör- und Sehvorgang sowie Kraftmessungen der Muskeln betrachtet. Die instrumentell gemessenen physikalischen Eigenschaften werden bei der Sensorik durch physiologische Sinne nachgewiesen. Die Textur steht nicht in Verbindung mit chemischen Empfindungen wie Geruch und Geschmack. Sie wird im Gegenteil durch mehrere untereinander in Wechselwirkung stehende Eigenschaften wiedergegeben. Dazu gehört der Tast- und Muskelsinn, welcher oral durch Beißen, Kauen, Zerdrücken mit der Zunge und Schlucken empfunden wird. Auch andere Körperteile wie die Hände können durch Befühlen und Drücken des Lebensmittels einen Teil der Textur wahrnehmen. Am wichtigsten ist die Form der Wahrnehmung, wenn ein Lebensmittel einen schwachen Geschmack ausweist. Bei vielen Lebensmitteln ist die Textur sehr empfindlich und kann sich durch Kaltlagerung, Gefrier-Auftauprozesse und Garverfahren sehr schnell verändern (Mühle, 2008). In dieser Arbeit wird die Betrachtung nur auf einen Teil der Textur beschränkt: auf die Knackigkeit. Die physikalische Definition der Knackigkeit wird als die Kraft beschrieben, mit der die Probe bricht. In der sensorischen Definition wird die Spannkraft, mit der die Fruchtwand zerspringt und die Gewebestruktur zerplatzt, als Knackigkeit beschrieben. Dieser Vorgang ist immer mit einem spezifischen Geräusch verbunden (Stähle-Hamatschek, 1985; DGQ (Hrsg.), 1989).

### 2.3.1 Methoden der Texturbestimmung

Zur Texturprüfung von Obst und Gemüse wurden in den letzten Jahrzehnten zahlreiche Verfahren entwickelt. Betrachtet man diese scheinbar sehr unterschiedlichen Methoden näher, kann man sie in zwei Hauptgruppen unterteilen: sensorische Prüfmethode und mechanische Prüfmethoden.

In Europa wird die Texturbestimmung bei Essiggurken noch überwiegend mit sensorischen Prüfverfahren durchgeführt. Ein großer Vorteil bei diesem Verfahren ist es, dass die Prüfung sehr realitätsnah ist. Bei einer richtigen Auswahl der Prüfbedingungen und einer Durchführung mit einem gut geschulten Panel sind genaue Ergebnisse zu erwarten. Allerdings sind diese Verfahren sehr arbeitsintensiv und die Ergebnisse verschiedener Sensorikpanels sind nur selten miteinander vergleichbar. Am häufigsten werden bei der Texturuntersuchung die „Texture Profile Analyse“ (TPA) eingesetzt. Die TPA dient als Verbindungsglied zwischen instrumentellen Messwerten und subjektiven Konsumentenempfindungen. Der große Vorteil bei der TPA besteht darin, dass der gesamte Kauvorgang erfasst wird. Es wird der erste Eindruck beim Abbeißen über das Verhalten der Probe beim Zerkleinern bis hin zur Beurteilung der bewirkten Änderungen durch den Kauprozess betrachtet. Diese Eindrücke werden durch eine Standardbewertungsskala festgehalten. Jedoch haben die Nachteile der sensorischen Texturprüfung zur Entwicklung verschiedener instrumenteller Messverfahren geführt. Bei diesen Messverfahren wird das Verhalten einer Probe unter der Einwirkung von Deformationskräften geprüft. Die Ergebnisse werden anschließend in Kraft-, Druck oder Energieeinheiten ausgedrückt. Ein großer Nachteil der mechanischen Methoden ist es, dass immer nur ein Teil des ganzen Beiß- und Kauvorganges betrachtet werden kann. Häufig werden instrumentelle und akustische Methoden miteinander verbunden. Durch diese Kombination können gleichzeitig die aufgewendete Kraft, zum Zerschneiden der Probe und die dabei entstehenden Geräusche aufgezeichnet werden. Zur Messung der Textur werden hauptsächlich das Penetrometer und der Texture Analyser mit unterschiedlichen Messvorrichtungen wie die Warner-Bratzler-Zelle, Kramer-Scherzelle und viele weitere verwendet. Bei der Texturanalyse mit einem Penetrometer wird ein Druckstempel auf die Probe gedrückt. Die Wegpenetration wird bestimmt, indem der Stempel unter einer vorgegebenen Kraft in die Probe eindringt. Anschließend kann die Eindringtiefe bestimmt werden. Bei der Kraftpenetration wird die benötigte Kraft gemessen, um eine vorgegebene Eindringtiefe zu erreichen. Ein großer Vorteil bei der Penetrometermessung ist das einfache Verfahren, welches nur wenig geräteintensiv ist. Allerdings weisen die Messergebnisse eine größere Streuung auf als bei anderen Methoden. Dagegen sind die Variationskoeffizienten nicht wesentlich höher und somit kann eine gute Reproduzierbarkeit mit dieser Messung erreicht werden.

Das Penetrometer eignet sich vor allem für die schnelle Bestimmung der Textur von Essiggurken (Weichmann, 1997; Pichert, 1987). Die Kramer- Scherzelle ist ein Festigkeitsprüfgerät. Durch dieses Verfahren können gut die Beiß- und Kaubewegungen nachgeahmt werden, da verschiedene physikalische Beanspruchungen wie die Penetration, Kompression, Scherung und die Extrusion gleichzeitig auftreten. Ein Nachteil dieser Methode ist, dass gering sensorisch noch feststellbare Unterschiede in der Knackigkeit nicht mehr erfasst werden können (Pichert, 1987; Meurer, 1991).

Um die Ergebnisse der sensorischen und instrumentellen Prüfverfahren miteinander zu vergleichen und eine Aussage darüber zu treffen, ob beide Methoden gleiche Resultate erzielen, wird der Korrelationskoeffizient errechnet (Stähle-Hamatschek, 1985; Weichmann, 1997).

### 3. Material und Methoden

Im folgenden Kapitel wird zunächst die Herangehensweise und die Versuchsplanung erläutert. Anschließend werden die für die Versuche verwendeten Materialien und Methoden vorgestellt. Diese beinhalten, die eingesetzten Rohstoffe, die Prüfverfahren und die für die Auswertung genutzten Statistika.

#### 3.1 Versuchsplanung

Im vorangegangenen Kapitel wurde bereits erläutert, wie wichtig eine knackige und feste Textur von Einlegegurken für die Verbraucher sind. Aus diesem Grund werden in der Qualitätskontrolle der Industrie diese Parameter ständig kontrolliert. In früheren Studien wurden bereits verschiedene Einflüsse auf die Textur der Früchte festgestellt. Auch von der Natur aus gegebene Bedingungen wurden untersucht. Auch der Durchmesser von Einlegegurken hat einen entscheidenden Einfluss auf die Textur der Früchte. Bei der Verarbeitung der Gurken kommt es zur Veränderung der Festigkeit. Beim Pasteurisieren dieser im Glas kommt es zu einer ungleichmäßigen Erhitzung einzelner Bereiche. Diese ungleichmäßige Aufheizung beeinflusst die Textur der Gurken unterschiedlich stark.

Die eben erläuterten Größen sollen in dieser Arbeit instrumentell und akustisch untersucht werden. Anschließend soll überprüft werden, ob die instrumentell gemessenen Ergebnisse auch von einem sensorischen Panel wahrgenommen werden können oder ob die zum Teil sehr geringen Unterschiede in der Knackigkeit nur mechanisch messbar sind. Ebenso soll die Messgenauigkeit der instrumentellen Methoden und des sensorischen Panels miteinander verglichen werden.

##### 3.1.1 Knackigkeit vom Stielende bis zum Blütenende

In der Abbildung 4 sind die drei Bereiche einer Einlegegurke dargestellt. Für die Versuche wurde aus jedem Segment, mithilfe eines Doppelklingenmessers, eine 1 cm dicke Scheibe herausgeschnitten. Die Scheibe wurde mittels des Texture Analysers und des Acoustic Envelope Detectors auf dem in Punkt 3.3 dargestellten Weise untersucht. Bei der Probennahme war es wichtig darauf zu achten, dass die gesamten Proben aus dem gleichen Bereich des Glases stammen. Die Proben mussten ebenfalls ein gleichmäßiges Längen-Dicken-Verhältnis aufweisen. Wird dieses nicht beachtet, kann es zu Ungenauigkeiten der Ergebnisse kommen.

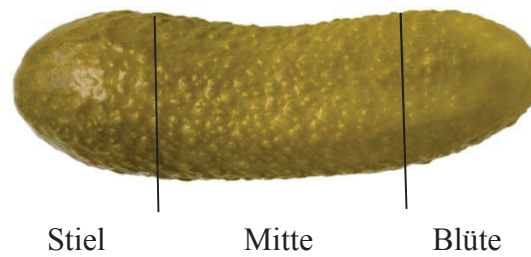


Abbildung 4: Einteilung der Essiggurke in Segmente (Koschemann, 2011)

Für den Versuch wurden fünf Gurken aus dem mittleren Bereich des Glases entnommen. Die Gurken hatten alle eine Länge zwischen 7 und 8 cm und eine Dicke von 2 bis 2,5 cm. Das ergibt in etwa ein Längen-Dicken-Verhältnis von 3:1. Bei der Probenvorbereitung wurden das äußere Ende vom Stiel und von der Blüte abgeschnitten.

### 3.1.2 Knackigkeit von pasteurisierten Gurken im Glas

Im Abschnitt 2.1.2 wurde bereits erläutert, wie die Pasteurisation von eingelegten Gurken durchgeführt wird. Jedoch wurde noch nicht darauf eingegangen, welche Schwierigkeiten es dabei gibt. Bei der Pasteurisation wird das Produkt soweit erhitzt, dass Mikroorganismen weitestgehend abgetötet werden. Bei der Aufheizung erwärmen sich die äußeren Bereiche des Glases schneller als die inneren Bereiche. Aufgrund der schnelleren Erwärmung sind die äußeren Bereiche eine längere Zeit einer höheren Temperatur ausgesetzt. Dadurch erweicht die Frucht und besitzt eine nicht mehr so feste Textur wie die Gurken, die in den anderen Bereichen des Glases liegen.

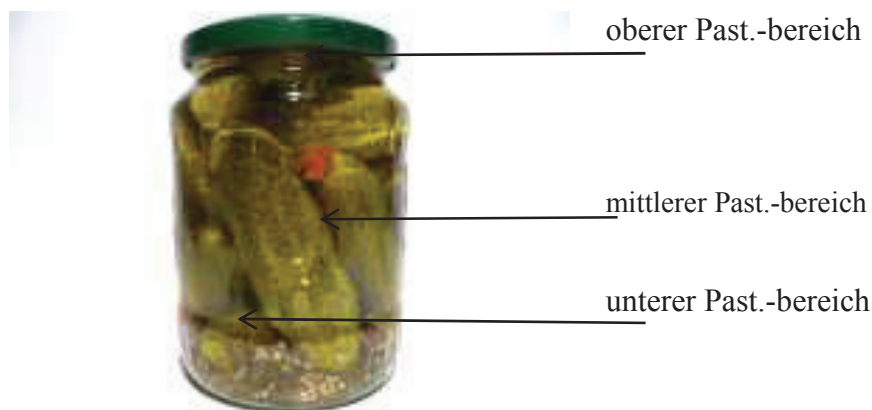


Abbildung 5: Pasteurisationsbereiche im Gurkenglas (Lingemann, 2009)

In diesem Versuch soll überprüft werden, inwiefern sich die drei Pasteurisationsbereiche, oberer, mittlerer und unterer Pasteurisationsbereich, in der Knackigkeit der Gurken widerspiegeln. Die drei Ebenen sind der Abbildung 5 zu entnehmen. Für die Versuche wurden vier Gurken aus jeder Ebene entnommen und wie in Punkt 3.3 erläutert untersucht.



Um Fehler in den Ergebnissen so gering wie möglich zu halten, wurden wie bei den vorherigen Versuchen, Gurken mit einem gleichem Längen-Dicken-Verhältnis ausgewählt. Ebenfalls wurde zur Fehlerminimierung aus jeder Gurke ein 1 cm breites Segment aus der Mitte der Frucht entnommen. Dieses wurde mit dem Doppelklingennmesser herausgeschnitten.

### 3.1.3 Knackigkeit von Gurkenscheiben mit unterschiedlichen Durchmesser

Auch das Verhältnis einer Gurkenscheibe zwischen ihrem Durchmesser und der Dicke der Scheibe hat einen Einfluss auf die Textur. Je nach Größe der Gurkenfrucht haben verschiedene Parameter einen unterschiedlich starken Einfluss auf die Textur der Frucht. Zum einen verändert sich je nach Fruchtgröße das Verhältnis zwischen Endo- und Mesocarp in der Gurke. Zum anderen hat die Temperatur beim Pasteurisieren eine andere Einflussnahme je nach Größe der Essiggurke.

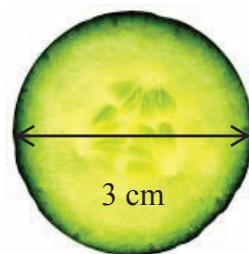


Abbildung 6: Verhältnis zwischen der Dicke und dem Durchmesser einer Gurkenscheibe (Eising, 2011)

Mit diesem Versuch soll festgestellt werden, ob Einlegegurken mit einem größeren Durchmesser grundsätzlich fester bzw. weicher sind als Gurkenfrüchte mit einem kleineren Durchmesser. Dazu werden die Ergebnisse der Proben aus den ersten beiden Versuchen herangezogen. In der ersten Versuchsreihe wurde außen vorgelesen, aus welchem Bereich des Gurkenglases die Früchte stammen und aus welchem Segment der Gurkenfrucht die Probe genommen wurde. Es wurden insgesamt 39 Proben untersucht. Proben mit einem gleichen Durchmesser wurden durch das Bilden eines Mittelwertes zusammengefasst. Die Abbildung 6 verdeutlicht die Ermittlung des Durchmessers der Gurkenfrüchte.

In der zweiten Versuchsreihe wurden die Essiggurken der Firma Spreewaldkönigin eingesetzt und die oberen Gurken im Glas entfernt und verworfen. Die restlichen Gurken wurden in 4 Intervallen mit zunehmenden Durchmessern eingeteilt und untersucht. Für jedes Intervall wurden 10 Gurken ausgewählt und jeweils 2 Proben links und rechts von der Mitte mit einem Doppelklingennmessers entnommen.

## 3.2 Rohstoffe

Für die erste Versuchsreihe wurden „Original Spreewälder Gurken“ der Firma Kühne verwendet. Die Essiggurken waren fertig in Gläsern verpackt und pasteurisiert. Der Aufguss wurde als herzhaft-würzig mit Kräutern und Zwiebeln deklariert. Es wurden Gläser mit einem MHD vom 15.12.12 und der Chargennummer RA 15:41 - 15:43 ZG 21 verwendet.

In der zweiten Versuchsreihe wurde der Gurkentopf mit frischen Kräutern und frischen Zwiebeln der Firma Spreewald Königin verwendet. Bei der Beschaffung der Gläser wurde darauf geachtet, dass das gesamte Probenmaterial aus einer Charge stammt und zur selben Zeit produziert wurde. Die Gurkentöpfe aus der Charge AG 3/4 haben ein MHD bis zum 06.08.2015 und wurden um 13:29 Uhr hergestellt.

## 3.3 Analytische Methoden

### 3.3.1 Instrumentelle Methoden

Die Texturanalyse der Gewürzgurken wurden mit dem Texture Analyser TA.XTplus der Firma Stable Micro Systems ausgeführt. Als Prüfkörper wurde die Warner Bratzler Rectangular notch Blade (HDP/WBR) verwendet. Um eine möglichst genaue Aufzeichnung der Ergebnisse zu erhalten wurden 500 Messpunkte pro Sekunde aufgezeichnet. In den Abbildungen 7 und 8 ist der Versuchsaufbau mit dem Prüfkörper dargestellt. Der Prüfkörper kann mit einem menschlichen Schneidezahn verglichen werden, welcher auf die Probe trifft und durch Krafteinwirkung diese zum Zerschneiden bringt. Des Weiteren wurden nach einigen Probedurchläufen die optimalen Parameter für die Versuche festgelegt und in der Tabelle 1 aufgelistet. Da der Texture Analyser die Werte der Kraft standardmäßig in kg ausgibt, wird in den nachfolgenden Kapiteln darauf verzichtet, die Werte in die sonst übliche Einheit der Kraft in Newton (N) umzurechnen.

Tabelle 1: Produktparameter des Texture Analysers

Prüfkörper	HDP/WBR (Warner Bratzler Rectangular notch Blade)
Größe des Prüfkörpers (HxBxT)	12 cm x 8 cm x 0,3 cm
Test Art	Druck
Ziel Parameter	Weg
Kraftmesszelle	50 kg
Messpunkte pro Sekunde	500
Auslösekraft	50 g
Weg	16 mm
Vor Geschwindigkeit	2,0 mm/sec
Test Geschwindigkeit	1,5 mm/sec
Rück Geschwindigkeit	10,00 mm/sec
Envelope Corner Frequency	3,125 kHz

### 3.3.2 Akustische Methoden

Für die Aufnahme der Knackgeräusche während des Zerbrechens der Gurkenscheiben, wurden der Acoustic Envelope Detector (AED) der Firma Stable Micro Systems und ein Mikrofon (Typ 2671, Firma Brüel & Kjaer) verwendet. Vor der Verwendung des Akustikmoduls musste dieses noch mit Hilfe des akustischen Kalibrators, Typ 4231, der Firma Brüel & Kjaer kalibriert werden (Stable Micro Systems (Hrsg.), 2005). Der AED verfügt über verschiedene Einstellmöglichkeiten. Zum einen können Frequenzen unter 3 kHz herausgefiltert werden. Dadurch werden die Eigengeräusche der Geräte und andere störende Hintergrundgeräusche nicht mit aufgezeichnet. Sollen jedoch kleinere Geräuschpegel aufgezeichnet werden, können diese Signale akustisch am AED verstärkt werden. Dazu muss der Drehschalter „Gain“ betätigt werden. Für die durchgeführten Versuche war die Filter- und die Verstärkerfunktion nicht erforderlich.

Um die Ergebnisse der Messreihen miteinander vergleichen zu können, wurde das Mikrofon immer im gleichen Abstand (ca. 3,5 cm) und Winkel (ca. 30°) zur Probe ausgerichtet. Die Abbildungen 7 und 8 zeigen den genauen Versuchsaufbau. Die aufgezeichneten Daten werden mit dem Computerprogramm Exponent aufgezeichnet und ausgewertet.

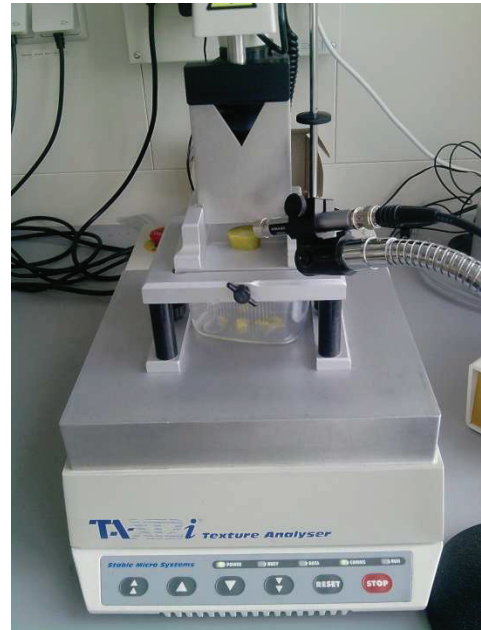
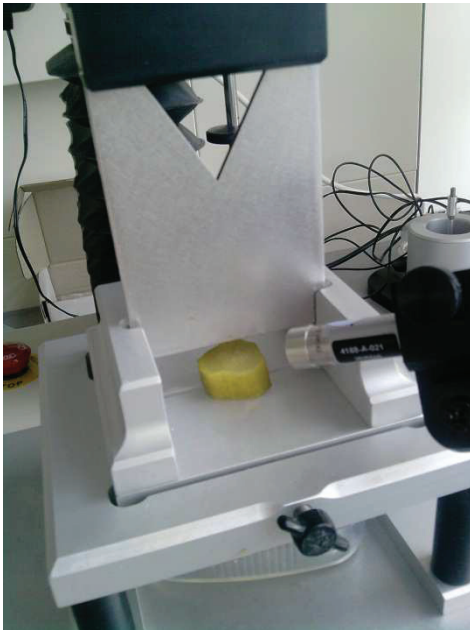


Abbildung 7 und Abbildung 8: Versuchsaufbau der instrumentellen und akustischen Messung

Die Abbildung 9 zeigt eine typische Kraft-Weg-Kurve beim Zerbrechen einer Gurkenscheibe. Parallel dazu werden die akustischen Signale aufgezeichnet. In der Kraft-Weg-Kurve gibt der erste Peak den Bruch der Probe an. Das ist der Zeitpunkt, an dem die Zellwände der Gurkenscheibe dem Druck nicht mehr standhalten und zerreißen. Die Höhe dieses Peaks,  $F_{\max, 1}$ , Bruch wird in kg aufgezeichnet und gibt an, wie hart das Produkt ist. Die Knackigkeit der Gurkenfrüchte wird durch die Steigung der Kraft-Weg-Kurve bis zum ersten Bruch beschrieben (Seidel, 2010).

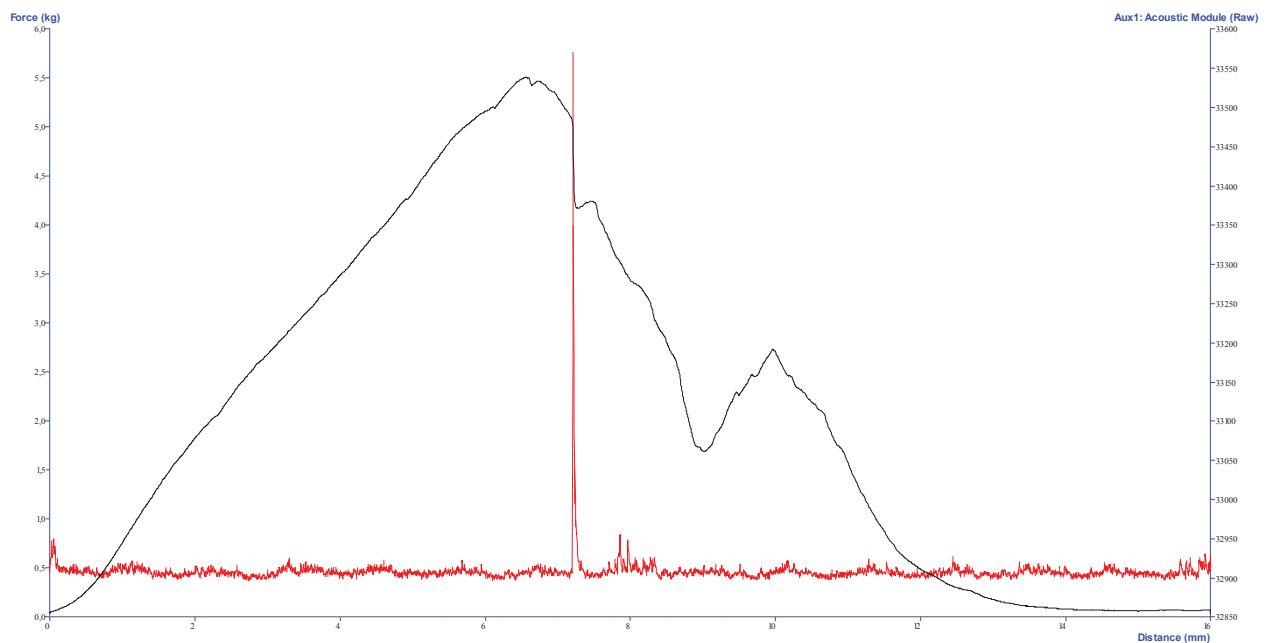


Abbildung 9: Beispielgrafik einer Kraft-Weg-Kurve mit akustischen Signalen beim Zerbrechen einer Essiggurke

Die akustischen Signale werden von der roten Kurve dargestellt. Der kontinuierliche Sinusverlauf der Kurve wird durch das Grundrauschen erzeugt. Zu Beginn der Messaufzeichnung ist ein höheres Signal wahrnehmbar als das anschließende Grundrauschen. Dieser kurze Anstieg der Kurve kommt durch das Aufsetzen des Prüfkörpers auf die Probe zustande. Entstehen Geräusche durch den Bruch der Probe, kommt es zum Ausschlag der Sinuskurve und es erscheint ein akustischer Peak. Fillon und Kilcast (2002) haben beobachtet, dass knackige Früchte während des ersten Bisses einen klaren, scharfen Bruch und einen hohen Peak erzeugen. Diese Feststellung konnte bei den Versuchen ebenfalls beobachtet werden.

### 3.4 Sensorische Methoden

Für den sensorischen Teil dieser Arbeit wurde als Prüfverfahren die Dreiecksprüfung nach DIN ISO 4120 angewendet. Im Anschluss findet noch ein Verbrauchertest mit einer sehr kleinen Teilnehmerzahl statt. Dieser soll eine Richtung der Bevorzugung der Proben geben. Vorrangig wurde sich für die Dreiecksprüfung entschieden, da diese sich besonders gut für geringe Unterschiede zwischen den Proben eignet. Ein weiterer Vorteil dieser Prüfung ist es, dass sie ohne viel Aufwand durchgeführt werden kann und auch bei einer geringen Anzahl an Prüfern ein aussagekräftiges Ergebnis liefert. Es ist wichtig, dass alle Prüfpersonen den gleichen Ausbildungsgrad in der sensorischen Schulung besitzen. Um zu vermeiden, dass die Proben anhand ihres Äußeren identifiziert werden konnten, wurden die Proben alle in 1 cm dicke Scheiben geschnitten. Der Stiel und die Blüte der Gurkenfrüchte wurden ebenfalls entfernt. Vor Beginn der Prüfung wurden alle Teilnehmer an die Proben gewöhnt und angewiesen, wie sie die Verkostung durchzuführen haben. Dazu wurde den Prüfpersonen gesagt, dass die Gurkenscheiben flach zwischen die Schneidezähne zu nehmen und zu zerbeißen sind. Dabei sollte sowohl auf die Kraft geachtet werden, die benötigt wird um die Scheibe zu zerbeißen und auch auf das wahrnehmbare Geräusch zu achten ist. Der Anlage 1 ist ein Beispielformular der Verkostung zu entnehmen. Die Auswertung erfolgte mittels einer Signifikanztabelle für erweiterte Dreiecksprüfungen (Anlage 3). Bei der Beurteilung der Ergebnisse ist davon auszugehen, dass der Zufall auch eine richtige Antwort beeinflussen kann. Die Wahrscheinlichkeit, die abweichende Prüfprobe zufällig richtig zu raten, beträgt  $p = 1/3$ . Je kleiner die Wahrscheinlichkeit für den Einfluss des Zufalls ist, umso vertrauenswürdiger ist die Bestätigung oder die Ablehnung des Vorhandenseins eines Unterschieds (Busch-Stockfisch, 2008). Die Anzahl der Prüfer wurde über die Tabelle im Anhang 2 so gewählt, dass die notwendige Empfindlichkeit erreicht wird. Die gewählte Empfindlichkeit bestimmt die statistische Sicherheit am Ende der Untersuchung. Nach Meilgaard (1991) werden Dreiecksprüfungen üblicherweise mit 20-40 Prüfern durchgeführt. Bei einfacheren Prüfungen und größeren Unterschieden sind auch 7-12 Prüfer ausreichend.

Nach der Tabelle im Anhang 2 sollte  $p_d$  bei dieser Versuchsreihe mögliches hoch gewählt werden, damit die meisten Panelisten den Unterschied in den Proben erfassen können, wenn er bemerkbar ist. Dabei ist bei  $p_d < 25\%$  der Anteil an Unterscheidern nur gering. Bei  $p_d$  zwischen  $25\% - 35\%$  liegt der Anteil an Unterscheidern im mittleren Bereich und ab einem  $p_d$  über  $35\%$  ist die Anzahl an Prüfern, die die Proben unterscheiden können, hoch. Um eine ausreichende Empfindlichkeit zu erreichen, wird  $p_d$  auf  $50\%$  festgelegt. Um die Güte des Testes zu erhöhen, sollte  $\beta$  möglichst klein gewählt werden. In diesem Fall soll die Anzahl der geeigneten Panelisten  $\beta = 0,30$  betragen.  $\beta$  beschreibt die Wahrscheinlichkeit, dass kein feststellbarer Unterschied existiert. Damit ist der Versuch optimal auf eine zu erwartende Prüferanzahl von 7-12 Prüfern ausgerichtet. Untersucht wird das  $\alpha$  - Risiko, die Wahrscheinlichkeit, dass ein signifikanter Unterschied existiert (Meilgaard, 1991; Busch-Stockfisch, 2008).

Zur Ermittlung des signifikanten Unterschieds zwischen den Proben wird Tabelle 2 verwendet.

Tabelle 2: Auflistung der Schreibweise bei verschiedenen Signifikanzniveaus (Busch-Stockfisch (Hrsg.), 2008)

Kurzform	Ausformulierung	Signifikanzniveau
n.s	nicht signifikant	$\alpha = <0,05$
s. oder *	signifikant	$\alpha = 0,05$
h.s oder **	(hoch) signifikant	$\alpha = 0,01$
s.h.s oder ***	(sehr hoch) signifikant	$\alpha = 0,001$

### 3.5 Statistische Auswertung der Daten

Das Computerprogramm Exponent hat für die Auswertung den Mittelwert, die Standardabweichung und den Variationskoeffizienten berechnet.

Für die Berechnung des Mittelwertes wurde folgende Formel verwendet:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i$$

Formel 2: Mittelwert  $\bar{x}$

Für die Berechnung der Standardabweichung wurde folgende Formel verwendet:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Formel 3: Standardabweichung  $\sigma$

Für die Berechnung des Variationskoeffizienten wurde folgende Formel verwendet:

$$V_x = \frac{s}{\bar{x}} \cdot 100\%$$

Formel 4: Variationskoeffizient  $V_x$

Für die Ermittlung des signifikanten Unterschieds zwischen den Ergebnissen der einzelnen Versuche wird der t-Test nach Gosset verwendet. Die dafür nötige Tabelle der Quantile der t-Verteilung ist der Anlage 4 zu entnehmen. Es wurde die gleiche Irrtumswahrscheinlichkeit wie bei der sensorischen Beurteilung gewählt:  $\alpha = 0,90$ . Die Prüfwahl  $t$  wurde nach der Formel 5 und die Freiheitsgrade  $m$  nach der Formel 6 berechnet.

$$t = \sqrt{n} \cdot \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}}$$

Formel 5: Prüfwahl  $t$

$$m = 2n - 2$$

Formel 6: Freiheitsgrade  $m$

## 4. Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Versuche dokumentiert. Die drei Gesichtspunkte, in die die Knackigkeit unterteilt wurde, werden in separaten Abschnitten dargestellt. Die verschiedenen Methoden der Texturmessung sollen zunächst einzeln betrachtet und anschließend miteinander verglichen werden. Ebenfalls werden die gemessenen Parameter einmal mit und einmal ohne Bezug auf den Durchmesser dargestellt. Dieser Bezug ist erforderlich, da zum Beispiel die Kraft bei einer gleich festen Scheibe bei größerem Durchmesser auch ansteigt. Um diesen Fehler zu vermeiden werden die einzelnen Parameter durch den Durchmesser dividiert.

### 4.1 Knackigkeit von Gurkenfrüchten vom Stielende bis zum Blütenende

In vorangegangenen Studien wurde bereits unter anderem von Thompson (1982) und Marshall (1975) festgestellt, dass die Textur vom Stiel- bis zum Blütenende hin abnimmt. Diese Ergebnisse sollten anhand einer eigenen Versuchsreihe überprüft werden. Da in diesem Bereich bisher kaum die akustische Messung hinzugezogen wurde, soll diese Methode einer besonderen Betrachtung unterzogen werden. Anschließend sollen die mechanischen Methoden mit den sensorischen verglichen und beurteilt werden. Für die Auswertung wurde aus den 5 Proben pro Segment der Mittelwert gebildet und in den Tabellen abgebildet.

#### 4.1.1 Instrumentelle Messung

In der Tabelle 3 und Abbildung 10 ist die Maximalkraft dargestellt, die aufgebracht werden muss um die Gurkenscheibe zu zerbrechen. Betrachtet werden die Werte mit und ohne Bezug auf den Durchmesser. Der Bezug zum Durchmesser ist interessant um herauszufinden, inwiefern dieser einen Einfluss auf die Knackigkeit der Gurkenfrüchte hat. Die Maximalkraft der Probe nimmt vom Stiel- zum Blütenende stetig abnimmt. Erstaunlich ist der sehr gleichmäßige Abfall der Kraft. Die Variationskoeffizienten sind bei den Daten mit der Betrachtung des Durchmessers etwas geringer als bei den Daten wo nur die Kraft betrachtet wird.

Tabelle 3:  $F_{\max}$  (kg) mit und ohne Berücksichtigung des Durchmessers von Proben aus unterschiedlichen Segmenten der Gurkenfrucht

(pro Segment n=5)	Kraft in kg	Standard- abweich- ung $\sigma$	Variations- koeffizient in %	Kraft/Durchm. in kg/mm	Standard- abweich- ung $\sigma$	Variations- koeffizient in %
Stielende	6,64	2,01	30,2	0,302	0,075	24,7
Mitte	5,28	1,24	30,8	0,229	0,054	23,6
Blütenende	3,99	1,23	23,4	0,197	0,072	36,6



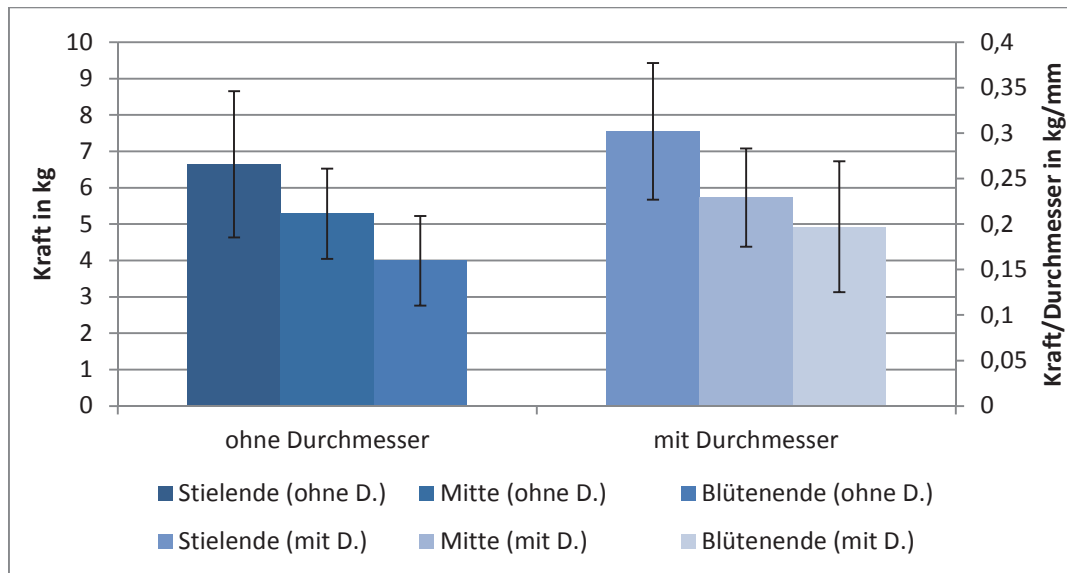


Abbildung 10: Änderung von  $F_{\max}$  (kg) mit und ohne Berücksichtigung des Durchmessers von Proben aus unterschiedlichen Segmenten der Gurkenfrucht

Weitere Informationen über die Textur liefert die Steigung der Kraft-Weg-Kurve zwischen dem Beginn der Kraftaufbringung und dem 1. Bruch. Dieser Parameter gibt die Knackigkeit des Produktes an. Die Tabelle 4 zeigt die Veränderungen der Steigung in den einzelnen Fruchtsegmenten. Wie schon bei der Kraft ist auffällig, dass die Steigung vom Stiel bis zur Blüte kontinuierlich abnimmt. In den Segmenten Mitte und Blütenende beim Durchmesserbezug bleibt der Anstieg konstant. Es lässt sich feststellen, dass der Blütenteil einer Gurkenfrucht nicht so knackig ist wie die anderen Segmente. Ebenfalls wird eine geringe Kraft benötigt um die Scheibe zu zerbrechen. Die Variationskoeffizienten sind wie bei der Maximalkraft recht hoch. Der Koeffizient ist bei der Steigung der Kraft-Weg-Kurve mit Durchmesserbezug um 3 - 7 % höher als wenn die Steigung ohne Durchmesser betrachtet wird.

Tabelle 4: Steigung (kg/mm) mit und ohne Berücksichtigung des Durchmessers von Proben aus unterschiedlichen Segmenten der Gurkenfrucht

(pro Segment n=5)	Steigung in kg/mm	Standardabweichung $\sigma$	Variationskoeffizient in %	Steigung/Durchm. in kg/mm	Standardabweichung $\sigma$	Variationskoeffizient in %
Stielende	1,12	0,26	22,8	0,051	0,013	25,0
Mitte	0,90	0,17	18,6	0,039	0,010	25,5
Blütenende	0,78	0,25	32,1	0,039	0,015	39,6

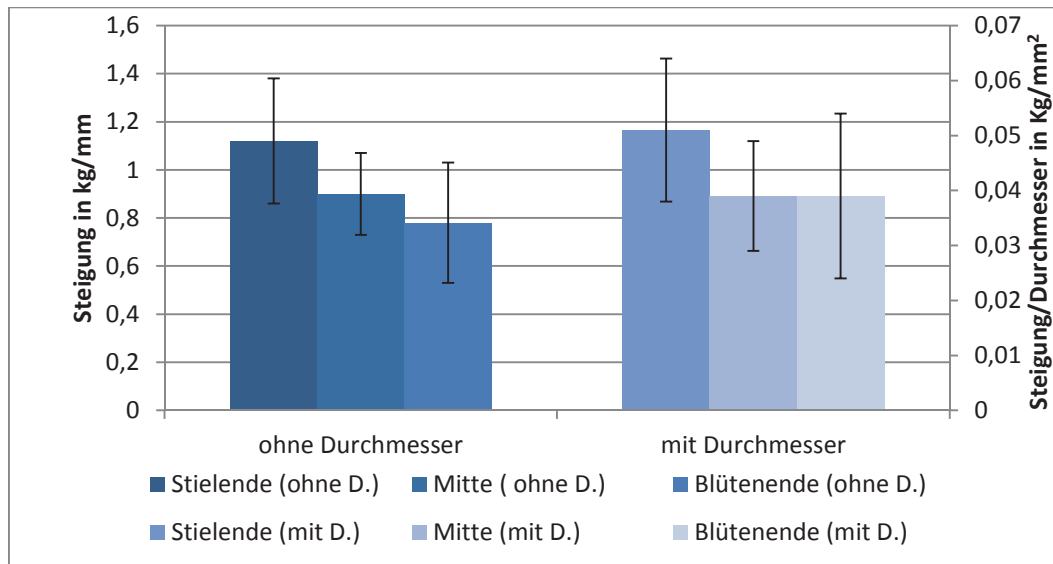


Abbildung 11: Änderung der Steigung (kg/mm) mit und ohne Berücksichtigung des Durchmessers von Proben aus unterschiedlichen Segmenten der Gurkenfrucht

#### 4.1.2 Akustische Messung

Zur Unterstützung der instrumentellen Messung und zum Bestätigen dieser wurde die akustische Messung in die Texturanalyse integriert. Zum einen wurde der maximale Schalldruckpegel, welcher meist durch den Bruch der Probe entsteht, und die Anzahl der signifikanten akustischen Peaks ermittelt. Für die Ermittlung der signifikanten Peaks wurde zuerst das Grundrauschen untersucht, welches durch Eigen- und Fremdgeräusche entsteht. Das Grundrauschen schwankt zwischen 50 und 60 dB, was der Lautstärke eines normalen Gesprächs entspricht. Unter Berücksichtigung einer gewissen Toleranz wurden Peaks ab einem Schalldruckpegel von 65 dB gezählt. Aufgrund der geringen Anzahl der Peaks konnte das Zählen manuell erfolgen. Da zu Beginn der Messungen beim Aufsetzen des Prüfkörpers auf die Probe häufig ein Geräusch entstand, welches nichts mit dem Zerschneiden der Gurkenscheibe zu tun hatte, wurden diese Peaks bei der Auswertung nicht berücksichtigt. Die Tabelle 5 und Abbildung 12 zeigt den maximalen Schalldruckpegel mit und ohne Berücksichtigung des Durchmessers.

Tabelle 5: Maximaler Schalldruckpegel (dB) mit und ohne Berücksichtigung des Durchmessers von Proben aus unterschiedlichen Segmenten der Gurkenfrucht

(pro Segment n=5)	Schalldruckpegel in dB	Standardabweichung $\sigma$	Variationskoeffizient in %	Schalldruckp./Durchm. in dB/mm	Standardabweichung $\sigma$	Variationskoeffizient in %
Stielende	83,10	13,83	16,7	3,81	0,52	13,6
Mitte	73,10	4,80	6,0	3,16	0,28	8,7
Blütenende	74,30	4,42	6,6	3,61	0,49	13,6

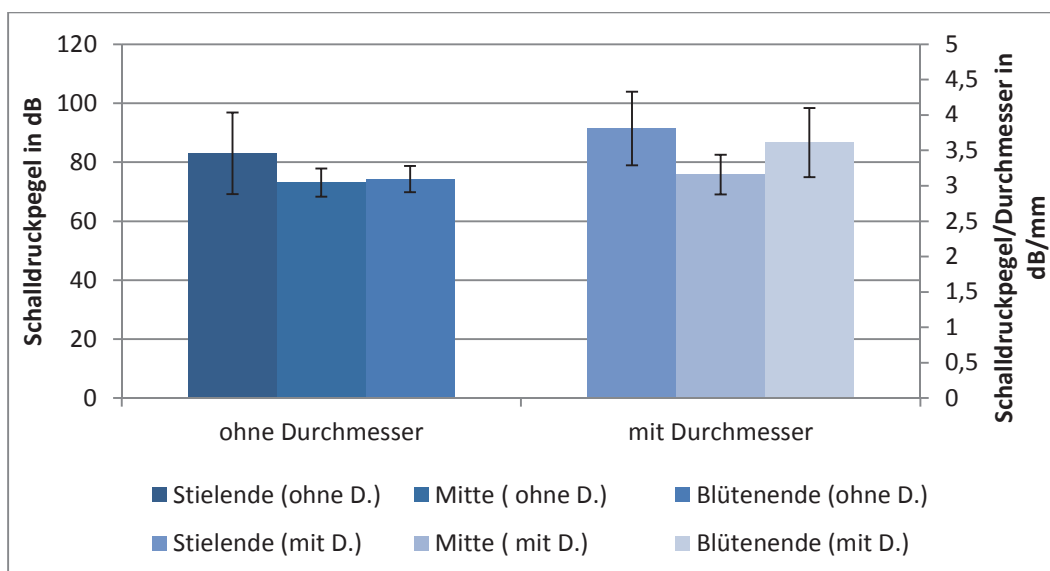


Abbildung 12: Änderung des maximalen Schalldruckpegels (dB) mit und ohne Berücksichtigung des Durchmessers von Proben aus unterschiedlichen Segmenten der Gurkenfrucht

Der maximale Schalldruckpegel ohne Durchmesser weist am Stielende seinen höchsten Wert von 83 dB auf. Im nachfolgenden Segment nimmt der Schalldruckpegel zunächst ab und steigt im Blütensegment wie etwas an. Der Variationskoeffizient ist bei der akustischen Messung deutlich niedriger als bei den instrumentellen Ergebnissen.

Bei der Betrachtung des Schalldruckpegels in Bezug auf den Durchmesser ist die gleiche Tendenz zu erkennen.

Tabelle 6: Anzahl der signifikanten akustischen Peaks mit und ohne Berücksichtigung des Durchmessers von Proben aus unterschiedlichen Segmenten der Gurkenfrucht

(pro Segment n=5)	Anzahl der Peaks	Standardabweichung $\sigma$	Variationskoeffizient in %	Anzahl der Peaks/Durchm.	Standardabweichung $\sigma$	Variationskoeffizient in %
Stielende	19,4	9,8	50,6	0,90	0,51	56,8
Mitte	3,6	5,1	142,5	0,17	0,25	145,3
Blütenende	9,2	13,5	146,9	0,44	0,64	145,9

Die Anzahl der gezählten akustischen Peaks sind in Tabelle 6 und Abbildung 13 dargestellt. Der Stielbereich der Frucht weist mit Abstand die meisten Peaks (19,4) auf. Das Ergebnis bestätigt auch den höchsten Schalldruckpegel von 83 dB. Aufgrund der zahlreich auftretenden Knackgeräusche ist auch die wahrnehmbare Lautstärke größer - die Gurke ist also knackiger. Die Grafik der gezählten Peaks ähnelt sehr der Grafik des Schalldruckpegels. Der Anlage 5 ist zu entnehmen, dass bei den ersten 3 Proben des Mittelsegments überhaupt kein akustisch signifikanter Peak vorhanden war. Nur bei den Proben 4 und 5 waren signifikante Peaks zu erkennen. Die sehr hohen Variationskoeffizienten sind etwas erstaunlich.

Diese können durch die manuelle Auszählung der Peaks hervorgerufen worden sein, denn diese Methode ist wesentlich ungenauer als wenn das Auszählen von einem Computerprogramm übernommen wird.

Ein weiterer Grund für die hohen Werte könnten auch die zum Teil großen Schwankungen in der Anzahl der signifikanten Peaks liegen. Wie bereits zuvor erwähnt, gab es Proben ohne signifikante Peaks und Proben mit vielen akustischen Peaks. Die Variationskoeffizienten zwischen den Messungen mit und ohne Durchmesserbezug weisen nur kleine Unterschiede auf.

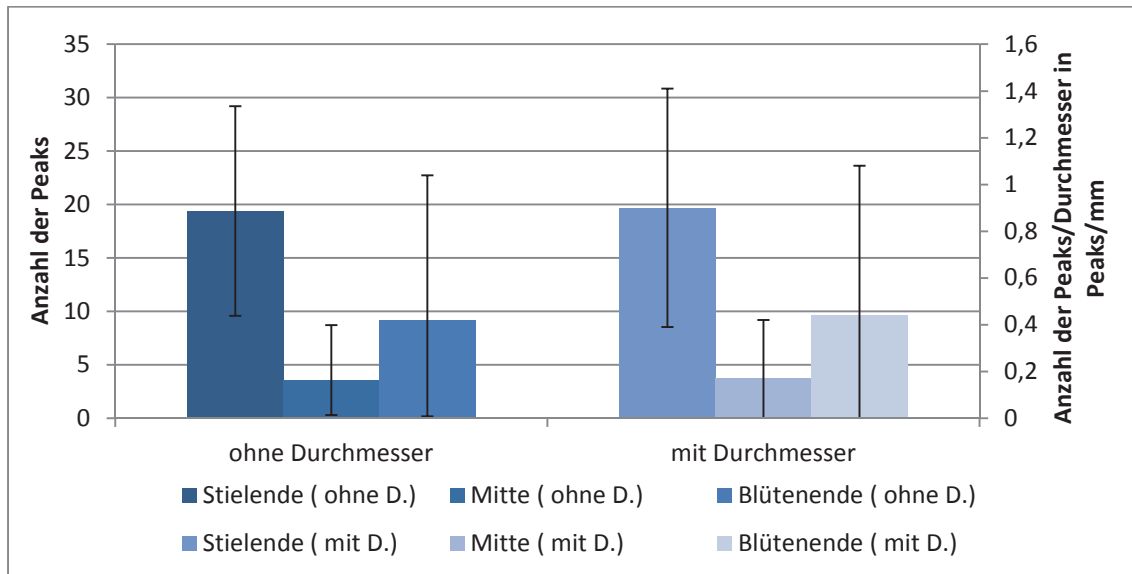


Abbildung 13: Anzahl der signifikanten akustischen Peaks mit und ohne Berücksichtigung des Durchmessers von Proben aus unterschiedlichen Segmenten der Gurkenfrucht

Die Abbildung 14 zeigt zusammenfassend die instrumentelle und akustische Messung. Anhand der Graphen ist zu erkennen, dass die Maximalkraft zum Zerschneiden der Gurkenscheiben vom Stiel- zum Blütenende hin abnimmt. Die im unteren Bereich der Abbildung zu erkennende rote Linie sind die gemessenen akustischen Signale. Es fällt auf, dass Peaks meist kurz nach dem ersten Bruch in der Kraft-Weg-Kurve entstehen und je nach Knackigkeit des Segments unterschiedlich hoch sind.

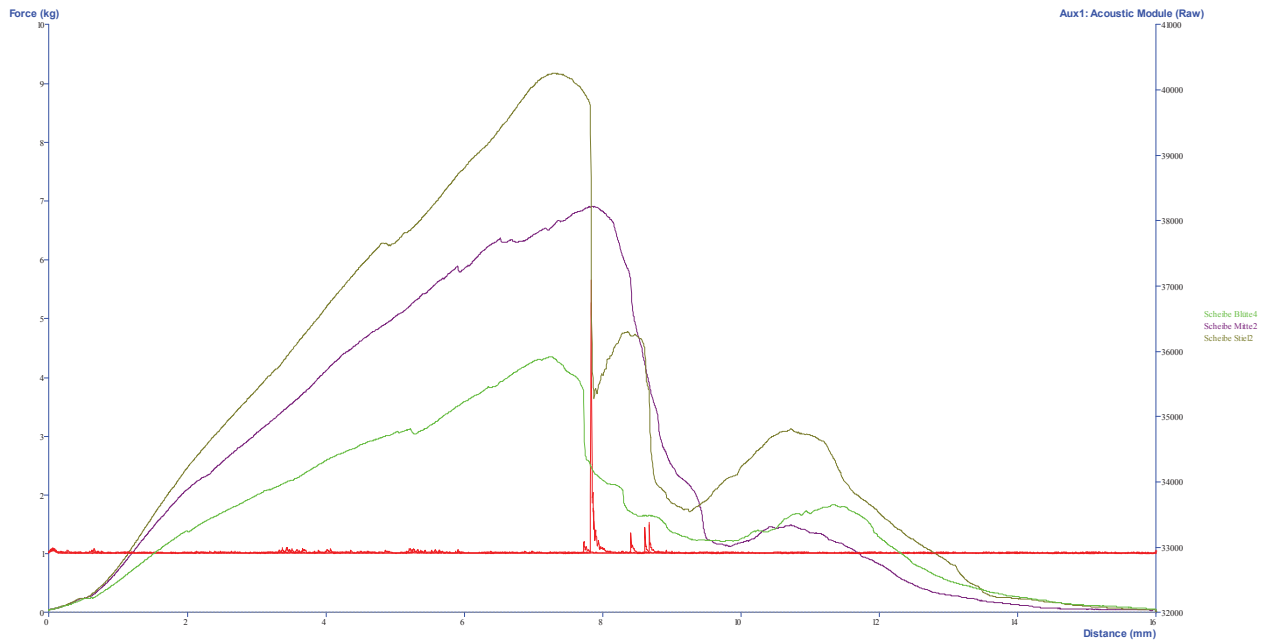


Abbildung 14: graphische Darstellung der Kraft  $F_{\max}$  und der akustischen Signale von Proben aus unterschiedlichen Segmenten der Gurkenfrucht

#### 4.1.3 Sensorische Beurteilung

Um zu untersuchen, ob die akustisch und instrumentell erhaltenen Werte auch sensorisch zu bestätigen sind, wurden mit 5 weibliche und 3 männlichen Panelisten zwischen 20 und 25 Jahren eine Dreiecksprüfung mit anschließenden kleinen Verbrauchertest durchgeführt. Den Probanden wurden 4 Probensätze mit je 3 Proben gereicht, von denen zwei der Proben gleich waren und eine Probe sich unterschieden hat. Die Prüfpersonen sollten nun durch verkosten dieser, die andersartige Probe erkennen. Als Prüfmerkmal war die Knackigkeit der Gurken vorgegeben. Die Probanden hatten alle dasselbe Ausbildungslevel und waren Studenten des 3. Semesters des Studienganges Lebensmitteltechnologie an der Hochschule Neubrandenburg. Die Verkostungen fanden vormittags im Sensoriklabor der Hochschule statt. Die Prüfungen wurden ohne Wiederholung durchgeführt. Anhand der Tabelle in der Anlage 3 kann festgestellt werden, ob sich die Proben signifikant unterscheiden und mit welcher statistischen Sicherheit diese belegt ist. Da 8 Prüfer je 4 Probensätze erhalten haben kann davon ausgegangen werden, dass 32 Prüfungen durchgeführt wurden.

Die Tabelle 7 stellt dar, welcher Segmente in welchem Probensatz eingesetzt wurden, wie diese angeordnet waren und wie viele Panelisten den Unterschied richtig erkannt haben. Von den 32 Prüfungen wurde nur 13-mal die abweichende Probe richtig erkannt. Das bedeutet, dass ein signifikanter Unterschied zwischen den Proben vorhanden ist mit einem Signifikanzniveau von  $\alpha = 0,30$ . Somit beträgt die statistischen Sicherheit 70 %.

Ebenfalls lässt sich aus der Tabelle 7 ablesen, dass die Probensätze 1 und 3 genauso gut bzw. schlecht von den Panelisten erkannt wurden wie die anderen beiden Probensätze.

Da die Probensätze 1 und 3 jedoch größere Unterschiede in der Festigkeit aufwiesen als die Sätze 2 und 4 liegt die Vermutung nahe, dass diese Unterschiede auch eher richtig gefunden werden. Bei der Befragung warum die Proben bevorzugt wurden, wurde 10 von 13-mal geantwortet, weil die Probe knackiger war. Dies könnte den Verdacht bestätigen, dass knackigere Essiggurken bevorzugt werden. Jedoch ist dabei zu beachten, dass die Teilnehmeranzahl bei weitem nicht ausreichend ist für einen Verbrauchertest. Dieser Fehler wird in der späteren Diskussion noch einmal aufgegriffen.

Tabelle 7: Darstellung der Probensätze mit den verwendeten Proben, Probenanordnung und den richtig gegebenen Antworten (Versuch: Fruchtsegmente: Stiel - Mitte - Blüte)

Probensatznummer	Unterschied zwischen den Proben	Anordnung der Proben	Summe der richtigen Antworten
1	Stiel und Blüte	AAC	4
2	Stiel und Mitte	ABB	3
3	Blüte und Stiel	CAC	3
4	Mitte und Blüte	CCB	3
Summe =			13

#### 4.1.4 t-Test nach Gosset

Um festzustellen, ob die instrumentell und akustisch gemessenen Unterschiede sich auch signifikant voneinander unterscheiden, wurde der t-Test nach Gosset für gleich große Stichproben durchgeführt. In der Tabelle 8 sind die Ergebnisse zusammenfassend dargestellt. Die ausführlichen Berechnungen sind der Anlage 8 zu entnehmen.

Bei der Auswertung der Tabelle ist auffällig, dass die Ergebnisse mit und ohne Durchmesserbezug sich voneinander unterscheiden. Nur bei den Parametern Steigung und Anzahl der Peaks sind die Resultate mit und ohne Durchmesserbezug identisch. Bei der instrumentellen Messung konnte sowohl bei der Kraft  $F_{\max}$  als auch bei der Steigung ein signifikanter Unterschied in der Knackigkeit zwischen Stiel- und Blütenende ermittelt werden. Zwischen dem Stielende und der Mitte wurde bei der Kraft  $F_{\max}$  ohne Durchmesser kein signifikanter Unterschied und beim Bezug auf den Durchmesser ein signifikanter Unterschied in der Knackigkeit ermittelt. Beim Vergleich des mittleren Segmentes zum Blütenende war das Ergebnis genau umgekehrt. Die Kraft  $F_{\max}$  ohne Durchmesser zeigte einen signifikanten Unterschied und die Kraft  $F_{\max}$  mit Durchmesser Bezug wies keinen signifikanten Unterschied auf.

Bei den akustischen Messungen konnte im Gegensatz zur instrumentellen Messung kein signifikanter Unterschied zwischen dem Stiel- und dem Blütenende bestimmt werden. Der Grund dafür liegt darin, dass die Werte der Messungen vom Stielende zum mittleren Bereich stark abfallen und anschließend wieder etwas ansteigen. Dieser Anstieg am Blütenende führt dazu, dass zwischen dem Stiel- und Blütenende kein signifikanter Unterschied in der Knackigkeit bestimmt werden konnte. Allerdings wurde dieser signifikante Unterschied zwischen dem Stiel und dem mittleren Bereich festgestellt. Dies beruht auf dem zuvor beschreibendem Phänomen. Beim letzten Vergleich zwischen dem mittleren Segment und dem Stiel konnte in der akustischen Messung nur beim maximalen Schalldruckpegel mit Durchmesserbezug ein signifikanter Unterschied in der Festigkeit der Gurkenteile bestimmt werden.

Tabelle 8: Auflistung der signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Fruchtsegmenten (Versuch: Fruchtsegmente: Stiel, Mitte, Blüte)

Parameter	Unterschied signifikant (+) / nicht signifikant (-)		
	Stielende/Blütenende	Stielende/Mitte	Mitte/Blütenende
Kraft $F_{\max}$ - ohne Durchmesser	+	-	+
Kraft $F_{\max}$ - mit Durchmesser	+	+	-
Steigung - ohne Durchmesser	+	+	-
Steigung - mit Durchmesser	+	+	-
max. Schalldruckpegel - ohne D.	-	+	-
max. Schalldruckpegel - mit D.	-	+	+
Anzahl der Peaks - ohne D.	-	+	-
Anzahl der Peaks - mit D.	-	+	-

## 4.2 Knackigkeit von pasteurisierten Gurkenfrüchten im Glas

Bei der Pasteurisation von Gurkenfrüchten im Glas kommt es zu einer ungleichmäßigen Wärmeverteilung. Die Gurken im oberen und unteren Teil des Glases sind den hohen Temperaturen eine längere Zeit ausgesetzt als die Früchte im mittleren Bereich des Glases. Die Pasteurisationswärme hat auf die Zellstruktur einen entscheidenden Einfluss. Je länger Hitze auf die Früchte einwirkt umso weicher sollten diese werden. Die Gurken, die an einem thermisch ungünstigen Punkt im Glas liegen sind der Hitze eine geringere Zeit ausgesetzt und erweichen somit nicht so stark. Diese Theorie soll mit Hilfe von akustischen, instrumentellen und sensorischen Methoden überprüft werden.

### 4.2.1 Instrumentelle Messung

Die Tabelle 9 zeigt die  $F_{\max}$ -Werte der instrumentellen Texturmessung. In der Abbildung 15 werden die Daten noch einmal grafisch dargestellt.

Tabelle 9:  $F_{\max}$  (kg) mit und ohne Berücksichtigung des Durchmessers von Gurken aus unterschiedlichen Bereichen im pasteurisierten Gurkenglas

(pro Bereich n=4)	Kraft in kg	Standardabweichung $\sigma$	Variationskoeffizient in %	Kraft/Durchmesser in kg/mm	Standardabweichung $\sigma$	Variationskoeffizient in %
oberer Bereich	3,39	0,65	19,3	0,144	0,028	19,1
mittlerer Bereich	5,26	0,92	17,5	0,210	0,045	21,5
unterer Bereich	5,89	1,80	30,5	0,241	0,066	27,5

Die Abbildung zeigt, dass die Maximalkraft vom oberen zum unteren Bereich hin ansteigt. Das bedeutet, dass die Festigkeit der Gurkenfrüchte zur unteren Glaszone hin zunimmt. Vergleicht man die Variationskoeffizienten mit und ohne Durchmesserbezug ist festzustellen, dass diese fast unverändert bleiben.



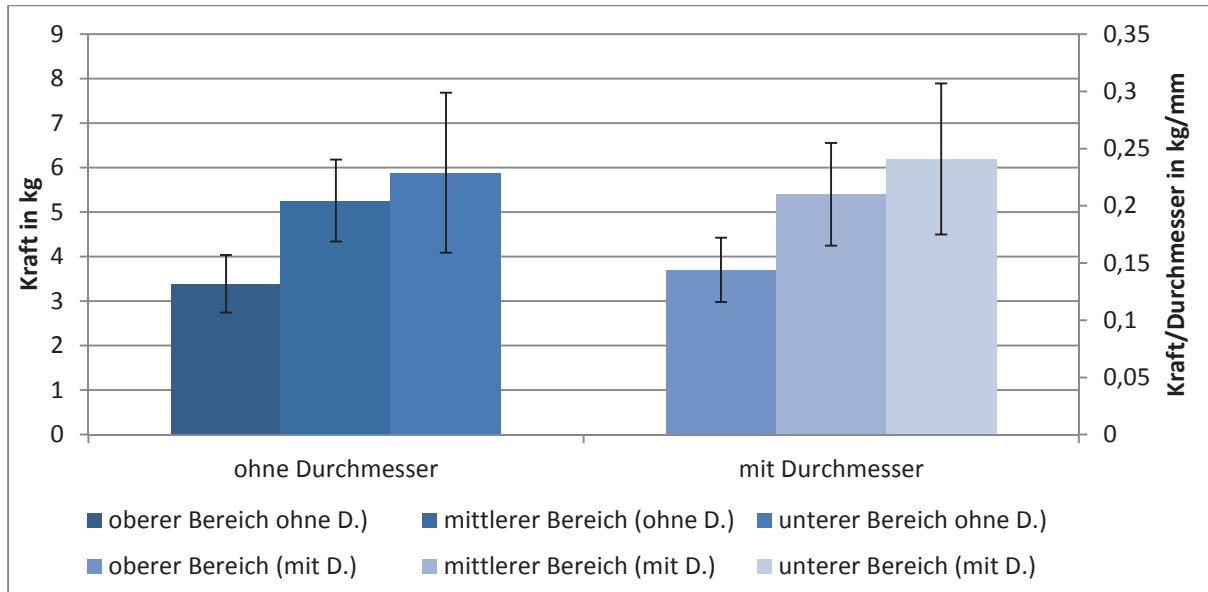


Abbildung 15: Änderung von  $F_{\max}$  (kg) mit und ohne Berücksichtigung des Durchmessers von Gurken aus unterschiedlichen Bereichen im pasteurisierten Gurkenglas

Um über die Knackigkeit der Gurkenscheiben in den drei Bereichen eine Aussage machen zu können wird die Steigung der Kraft-Weg-Kurve in Tabelle 10 und Abbildung 16 betrachtet.

Tabelle 10: Steigung (kg/mm) mit und ohne Berücksichtigung des Durchmessers von Gurken aus unterschiedlichen Bereichen im pasteurisierten Gurkenglas

(pro Bereich n=4)	Steigung in kg/mm	Standardabweichung $\sigma$	Variationskoeffizient in %	Steigung/Durchmesser in kg/mm <sup>2</sup>	Standardabweichung $\sigma$	Variationskoeffizient in %
oberer Bereich	0,83	0,07	7,8	0,0354	0,0035	10,0
mittlerer Bereich	0,99	0,10	9,6	0,0394	0,0054	13,8
unterer Bereich	1,01	0,11	11,0	0,0417	0,0063	15,1

Die Steigung nimmt wie die Maximalkraft vom oberen zum unteren Bereich des Glases zu. Die Ergebnisse zeigen, dass die Gurkenscheiben im oberen Bereich deutlich knackiger sind als die Scheiben im unteren Teil des Glases. Auch die erforderliche Maximalkraft ist im oberen Teil geringer als im unteren Bereich. Eine hohe Bruchkraft und ein steiler Anstieg der Kraft-Weg-Kurve mit anschließend starkem Abfall der Kurve sind Nachweise für eine größere Knackigkeit der Gurkenfrüchte im unteren Teil des Gurkenglases. Die Gurken in den anderen Bereichen haben durch die Pasteurisation deutlich an Knackigkeit verloren.

Der Variationskoeffizient ist niedriger als bei  $F_{\max}$ . Beim Vergleich der Variationskoeffizienten der Steigung mit und ohne Durchmesserbezug ist zu erkennen, dass der Variationskoeffizient der Steigung mit Durchmesser in allen drei Bereichen um 3 - 4 % höher ist als bei der Steigung ohne Berücksichtigung des Durchmessers.

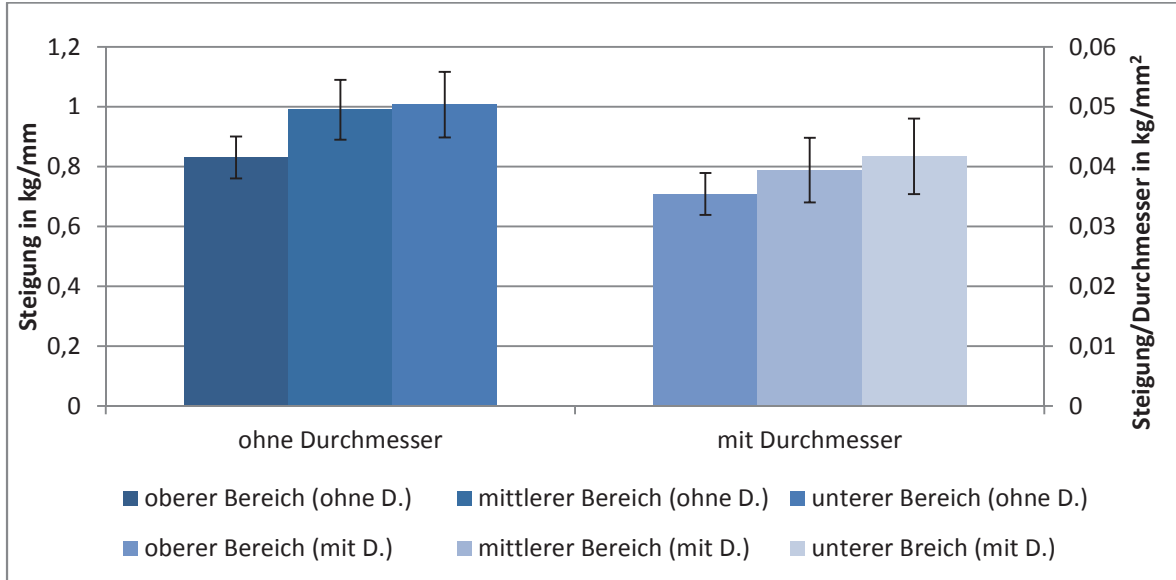


Abbildung 16: Änderung der Steigung (kg/mm) mit und ohne Berücksichtigung des Durchmessers von Gurken aus unterschiedlichen Bereichen im pasteurisierten Gurkenglas

#### 4.2.2 Akustische Messung

Die Tabelle 11 zeigt die statistisch ausgewerteten Mittelwerte des Schalldruckpegels in dB und die errechneten Variationskoeffizienten in %. Die Abbildung 17 stellt diese Werte grafisch dar.

Tabelle 11: Maximaler Schalldruckpegel (dB) mit und ohne Berücksichtigung des Durchmessers von Gurken aus unterschiedlichen Bereichen im pasteurisierten Gurkenglas

(pro Bereich n=4)	Schall- druckpegel in dB	Standard- abweich- ung $\sigma$	Variations- koeffizient in %	Schalldruck- pegel/Durchm. in dB/mm	Standard- abweich- ung $\sigma$	Variations- koeffizient in %
oberer Bereich	70,0	1,4	2,0	2,98	0,03	1,1
mittlerer Bereich	77,7	2,6	3,3	3,08	0,15	5,0
unterer Bereich	82,3	9,8	11,9	3,39	0,28	8,1

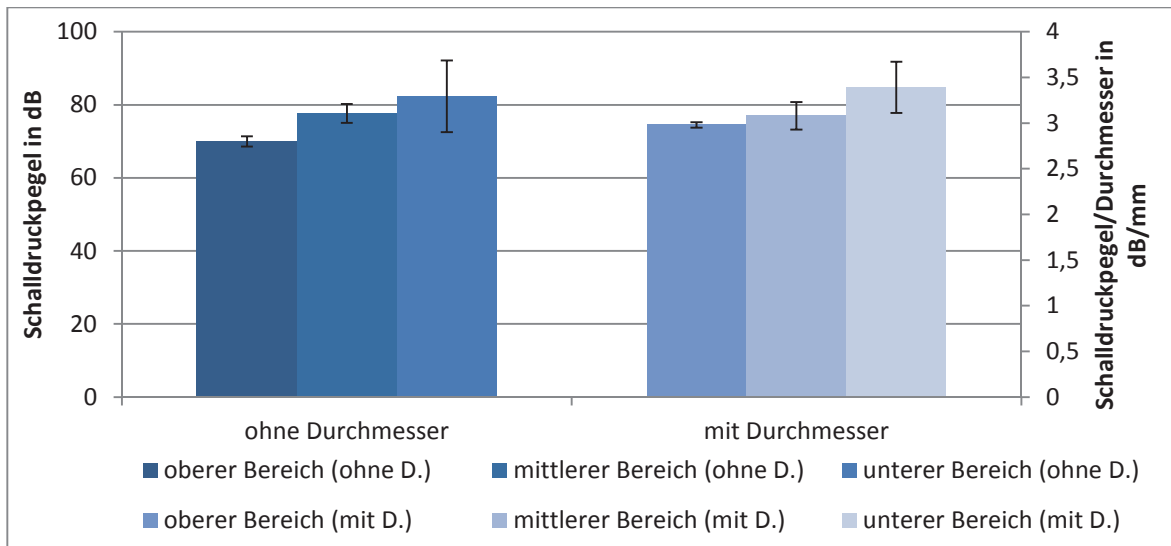


Abbildung 17: Änderung des maximalen Schalldruckpegels (dB) mit und ohne Berücksichtigung des Durchmessers von Gurken aus unterschiedlichen Bereichen im pasteurisierten Gurkenglas

Auch beim maximalen Schalldruckpegel ist auffällig, dass dieser vom oberen zum unteren Teil des Gurkenglases hin ansteigt. Die Variationskoeffizienten sind beim Schalldruckpegel am geringsten und liegen unter 10 %.

Durch das Auszählen der akustischen signifikanten Peaks kann ebenfalls die Knackigkeit bestimmt werden. Dabei gilt, je mehr akustische Peaks vorhanden sind, umso knackiger ist das Produkt (Drake, 1963). Die Tabelle 12 zeigt die signifikanten, akustischen Peaks in den einzelnen Bereichen im Gurkenglas und die anschließende Abbildung 18 stellt die Ergebnisse grafisch dar. Wie bereits aufgrund des maximalen Schalldruckpegels zu erwarten war, steigt auch die Anzahl der signifikanten akustischen Peaks von oberen zum unteren Bereich hin an. Allerdings fällt bei der Betrachtung der einzelnen Proben auf, dass im oberen Teil des Glases nur 3 von 4 Proben einen signifikanten Peak hervorgerufen haben. Im mittleren Bereich haben alle Proben Peaks verursacht. 3 der 4 Proben haben sogar die gleiche Anzahl von 3 Peaks erzeugt. Wegen der sehr gleichmäßigen Peakanzahl fällt der Variationskoeffizient in mittlerem Segment auch geringer aus als in den anderen Bereichen. In den anderen Bereichen ist der Variationskoeffizient erneut sehr hoch. Die Anzahl der gezählten Peaks der einzelnen Proben sind der Anlage 6 zu entnehmen.

Tabelle 12: Anzahl der signifikanten akustischen Peaks mit und ohne Berücksichtigung des Durchmessers von Gurken aus unterschiedlichen Bereichen im pasteurisierten Gurkenglas

(pro Bereich n=4)	Anzahl der Peaks	Standardabweichung $\sigma$	Variationskoeffizient in %	Anzahl der Peaks/Durchmesser in Peaks/mm	Standardabweichung $\sigma$	Variationskoeffizient in %
oberer Bereich	2,3	2,22	98,5	0,10	0,09	97,7
mittlerer Bereich	3,3	0,5	15,4	0,13	0,02	14,3
unterer Bereich	7,3	7,27	100,3	0,30	0,29	97,5

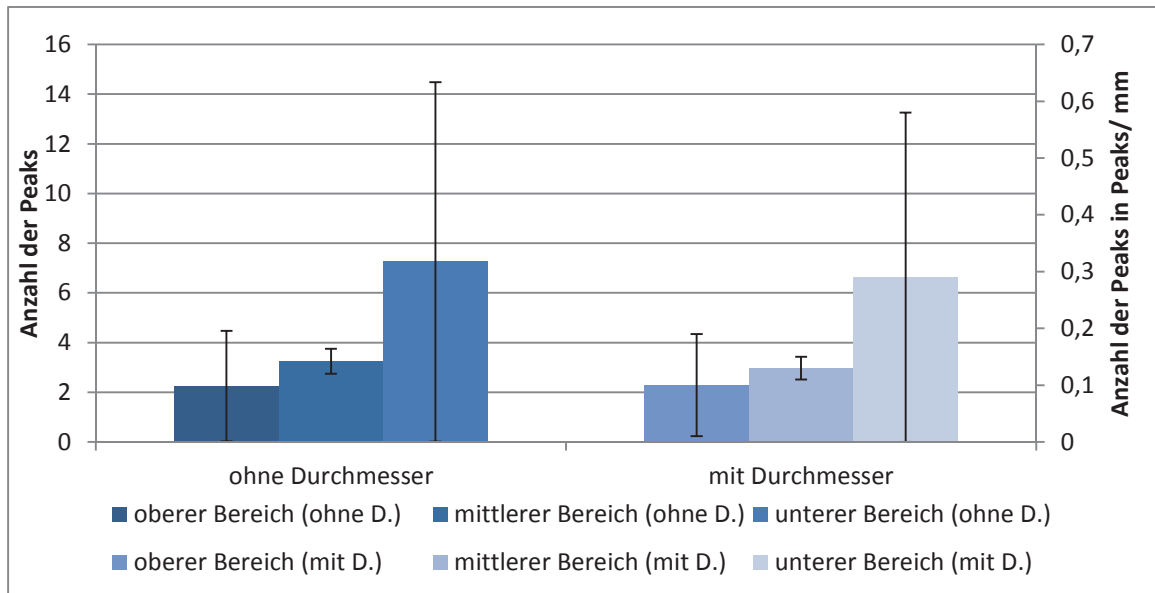


Abbildung 18: Änderung der signifikanten akustischen Peaks mit und ohne Berücksichtigung des Durchmessers von Gurken aus unterschiedlichen Bereichen des Gurkenglases

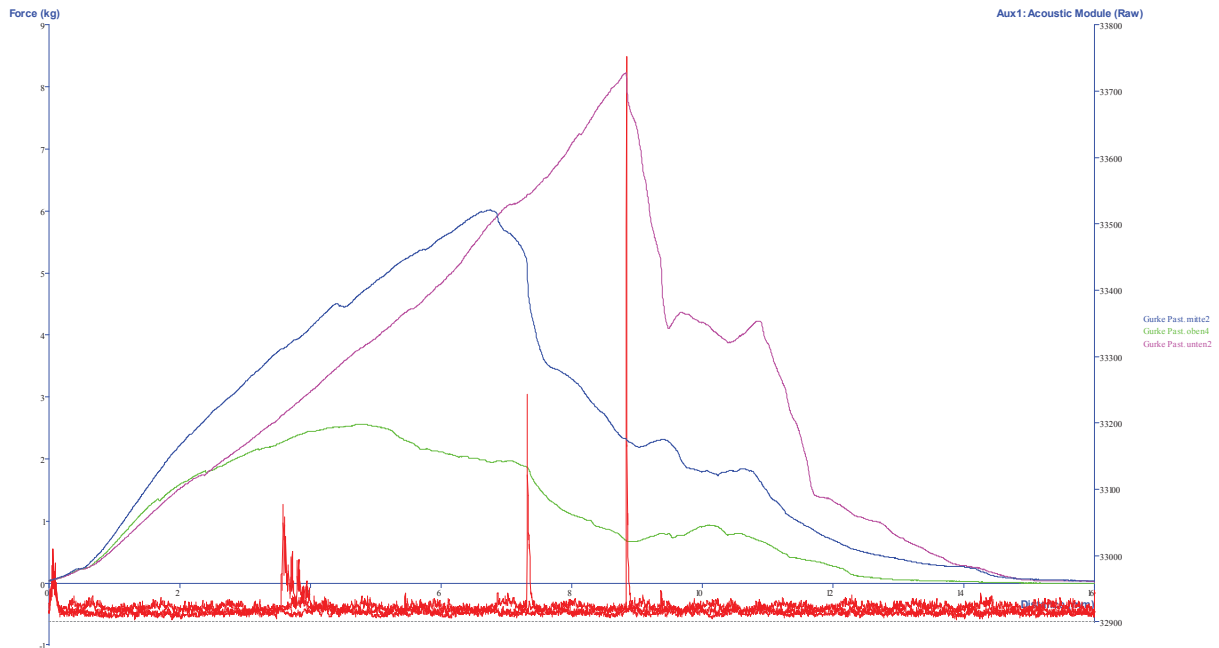


Abbildung 19: graphische Darstellung der Kraft  $F_{\max}$  und der akustischen Signale von Gurken aus unterschiedlichen Bereichen im pasteurisierten Gurkenglas

Die Abbildung 19 fasst die 3 Teilbereiche im Gurkenglas bei der instrumentellen und akustischen Messung zusammen. Es ist deutlich zu erkennen, dass die Maximalkraft vom oberen zum unteren Bereich hin zunimmt. Auch der Bruch erfolgt umso früher, je weicher die Gurkenscheibe ist. Bei der Gurke aus dem oberen Teil erfolgt der Bruch bereits nach einer Eindringtiefe des Prüfkörpers von 5 mm. Die Scheibe aus dem mittleren Teil bricht erst nach 6,7 mm. Die längste Strecke von 8,8 mm muss der Prüfkörper bei der Probe aus dem unteren Teil des Glases zurücklegen. Signifikante akustische Peaks sind bei diesen Proben nur bei den beiden festeren Essiggurkenscheiben zu erkennen. Bei der weichen Gurkenscheibe gibt das Zellgewebe ohne ein detektierbares Geräusch nach. Bei den anderen beiden Proben sind klare Peaks an der Stelle des Bruchs zu erkennen.

#### 4.2.3 Sensorische Beurteilung

Um herauszufinden, ob die akustisch und instrumentell erhaltenen Ergebnisse auch sensorisch erkannt wurden, wurde erneut eine Dreiecksprüfung mit einem kleinen Verbrauchertest durchgeführt. An der Verkostung nahmen, wie im vorangegangenen Versuch, 8 Panelisten teil. Ihnen wurden jeweils 4 Probensätze mit je 3 Proben gereicht, von der eine Probe abweichend war. Die Tabelle 13 enthält die verwendeten Probensätze und die eingesetzten Proben. In der letzten Spalte ist die Summe der richtig gegebenen Antworten eines jeden Probensatzes dargestellt.

Tabelle 13: Darstellung der Probensätze mit den verwendeten Proben, Probenanordnung und den richtig gegebenen Antworten (Versuch: Pasteurisationsbereiche)

Probensatznummer	Unterschied zwischen den Proben	Anordnung der Proben	Summe der richtigen Antworten
1	oberer und unterer Bereich	AAC	7
2	mittlerer und unterer Bereich	CCB	4
3	oberer und unterer Bereich	ACA	7
4	mittlerer und unterer Bereich	CBB	4
Summe =			22

Die Tabelle zeigt, dass von den 32 durchgeführten Prüfungen 22 richtig erkannt wurden. In diesem Fall liegt ein sehr hohes Signifikanzniveau ( $\alpha = 0,001$ ) mit einer statistischen Sicherheit von 99,9 % vor. Dieses Ergebnis zeigt deutlich, dass die Unterschiede in der Knackigkeit der Gurken nach dem Pasteurisieren klar vom Panelisten wahrnehmbar sind. Die Prüfungen waren erneut so angeordnet, dass bei den Probensätzen 1 und 3 ein größerer Unterschied zwischen den Proben vorlag als bei den Prüfsätzen 2 und 4. Die Verteilung der richtigen Antworten zeigt, dass die Probensätze mit den größeren Unterschieden von 7 der 8 Panelisten richtig erkannt wurde. Die Probensätze mit den geringeren Unterschieden haben nur die Hälfte der Prüfer erkannt. Bei der Nachfrage der Bevorzugung wurde sich ausnahmslos für die knackigere Probe entschieden. Dies weist klar eine Bevorzugung von festeren Essiggurken nach.

#### 4.2.4 t-Test nach Gosset

Um herauszufinden, ob die instrumentell und akustisch gemessenen Daten sich signifikant voneinander unterscheiden wurde der t-Test nach Gosset eingesetzt. Die Tabelle 14 stellt zusammenfassend die Ergebnisse der Rechnungen dar. Eine ausführliche Darstellung der Rechnungen ist der Anlage 9 zu entnehmen.

Tabelle 14: Auflistung der signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Fruchtsegmenten (Versuch: Pasteurisationsbereiche)

Parameter	Unterschied signifikant (+) / nicht signifikant (-)		
	oberer B./ unterer B.	oberer B./ mittlerer B.	mittlerer B./ unterer B.
Kraft $F_{\max}$ - ohne Durchmesser	+	+	-
Kraft $F_{\max}$ - mit Durchmesser	+	+	-
Steigung - ohne Durchmesser	+	+	-
Steigung - mit Durchmesser	+	-	-
max. Schalldruckpegel - ohne D.	+	+	-
max. Schalldruckpegel - mit D.	+	-	+
Anzahl der Peaks - ohne D.	-	-	-
Anzahl der Peaks - mit D.	-	-	-

In der instrumentellen Messreihe konnte bei beiden Parametern ein signifikanter Unterschied zwischen dem oberen und dem unteren Bereich festgestellt werden. Des Weiteren konnte auch zwischen dem oberen und dem mittleren Bereich ein signifikanter Unterschied in den Werten ermittelt werden. Eine Ausnahme bildet jedoch die Steigung der Kraft-Weg-Kurve mit Durchmesserbezug. Dort konnte zwischen dem oberen und dem mittleren Bereich kein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Ebenfalls konnte kein deutlicher Unterschied zwischen dem mittleren und dem unteren Bereich bestimmt werden. Bei der akustischen Messung konnte beim Auszählen der Peaks zwischen keinem der drei Bereiche ein signifikanter Unterschied ermittelt werden. Der maximale Schalldruckpegel ergab, dass ein signifikanter Unterschied zwischen dem oberen und dem unteren Bereich vorhanden ist. Ebenfalls einen signifikanten Unterschied weist der Schalldruckpegel ohne Durchmesserbezug vom oberen zum mittleren Bereich auf. Ein weiterer deutlicher Unterschied wurde beim Schalldruckpegel mit Durchmesserbezug zwischen dem mittleren und dem unteren Bereich errechnet.

### 4.3 Knackigkeit von Gurkenfrüchten mit unterschiedlichen Durchmesser

Bisher wurden zwei Faktoren erläutert, die einen Einfluss auf die Knackigkeit von Essiggurken haben können. Ein weiterer wichtiger Faktor ist die Dicke einer Gurkenfrucht. Je nach Größe einer Frucht verändert sich auch das Verhältnis zwischen Endocarp zu Mesocarp (Weichmann, 1997). Da jeder Fruchtbestandteil eine unterschiedliche Festigkeit besitzt wird je nach Verhältnis zueinander auch die Gesamtfestigkeit der ganzen Frucht dadurch beeinflusst. Ebenfalls spielt die Pasteurisation eine Rolle dabei. Die Hitzeeinwirkung wird auf die verschieden großen Früchte einen unterschiedlich großen Einfluss haben. Anhand der Versuche soll festgestellt werden, ob es einen Zusammenhang zwischen der Knackigkeit der Gurken mit ihrem Durchmesser gibt. Diese Versuche werden wieder akustisch, instrumentell und sensorisch durchgeführt.

#### 4.3.1 Erste Versuchsreihe

In der ersten Versuchsreihe werden die Ergebnisse der bisherigen zwei Versuche verwendet und nach ihrem Durchmesser sortiert. Dabei spielt es keine Rolle aus welchem Teil des Gurkenglases oder aus welchem Fruchtsegment die Proben stammen. Dieser Versuchsaufbau führte zu einem systematischen Fehler, da die Gurken- und die Glaszonen der Proben nicht mit beachtet wurden. Dieser Versuch wurde trotzdem durchgeführt um keinen zusätzlichen Messaufwand zu bekommen.

##### 4.3.1.1 Instrumentelle Messung

Die Abbildung 20 zeigt die maximal benötigte Kraft  $F_{\max}$  beim ersten Bruch. Auf der x-Achse sind die Durchmesser der Gurkenfrüchte dargestellt. Die Tabelle mit den Daten ist der Anlage 7 zu entnehmen. Bei der Auswertung der Kurve ist zu erkennen, dass die Kraft  $F_{\max}$  mit größer werdendem Durchmesser ansteigt. Allerdings gibt es einige Schwankungen in diesem Verlauf. Die Schwankungen sind zum einen auf den systematischen Fehler zurückzuführen und zum anderen auf die unterschiedlich großen Stichproben. In der Abbildung 20 können die jeweiligen Stichprobenumfänge abgelesen werden. Betrachtet man die Proben mit nur einer Stichprobe nicht, ist eine Zunahme der Kraft bei steigendem Durchmesser festzustellen. Die größte Kraft zum Zerschneiden der Gurkenscheibe wird bei einem Durchmesser von 27 mm benötigt. In der Abbildung 21 ist die Maximalkraft in Bezug auf den Durchmesser dargestellt. In dieser Abbildung ist kein Anstieg der Kraft mit zunehmendem Durchmesser mehr zu erkennen. Im Gegensatz dazu scheint die Kraft mit zunehmendem Durchmesser eher abzunehmen.



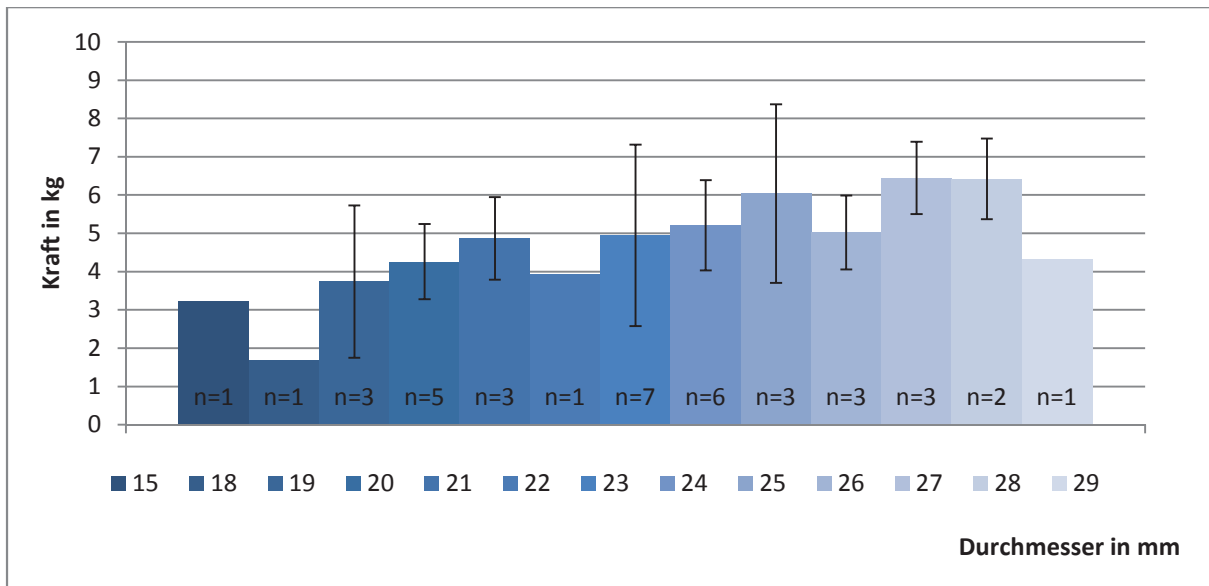


Abbildung 20:  $F_{\max}$  (kg) ohne Berücksichtigung des Durchmessers von Gurken mit unterschiedlichen Durchmessern (Versuchsreihe 1)

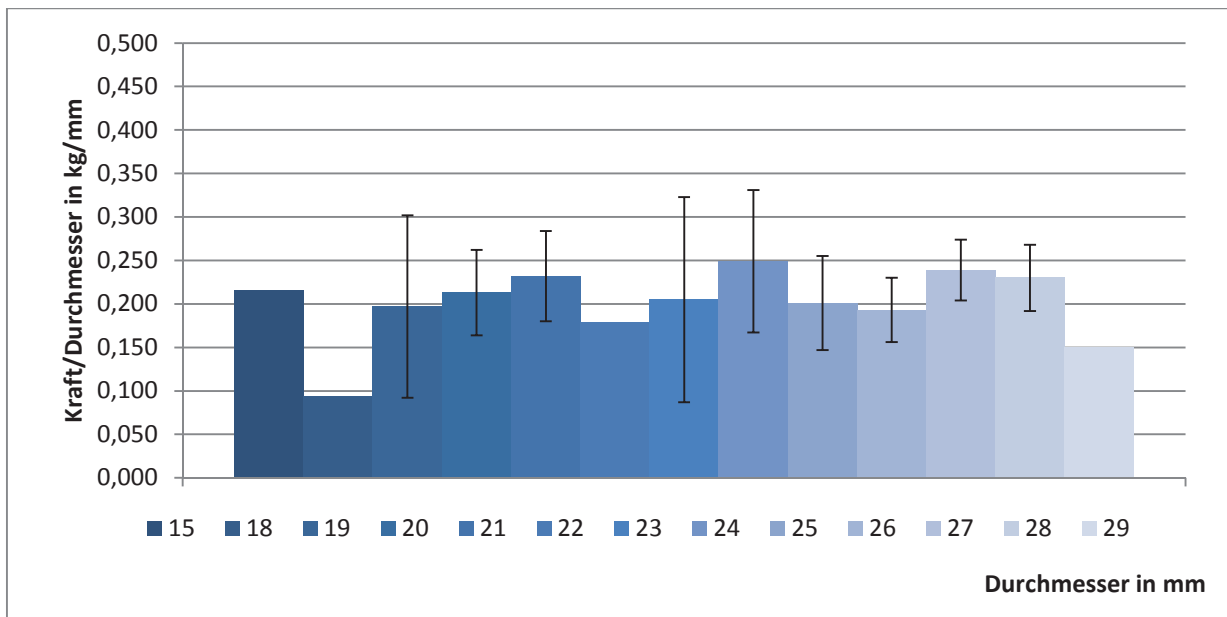


Abbildung 21:  $F_{\max}$  ( $\text{kg}/\text{mm}^2$ ) mit Berücksichtigung des Durchmessers von Gurken mit unterschiedlichen Durchmessern (Versuchsreihe 1)

Die Knackigkeit der Gurkenscheiben kann ebenfalls anhand der Steigung der Kraft-Weg-Kurve in Abbildung 22 und 23 untersucht werden. Die dazugehörigen Daten befinden sich in den Anlagen 11 und 12. In beiden Abbildungen lässt sich erkennen, dass die Steigung mit zunehmenden Durchmessern abnimmt. Ohne Durchmesserbezug widersprechen sich die beiden Grafiken der Kraft und der Steigung. Die Abbildungen mit Berücksichtigung des Durchmessers zeigen die gleiche Tendenz.

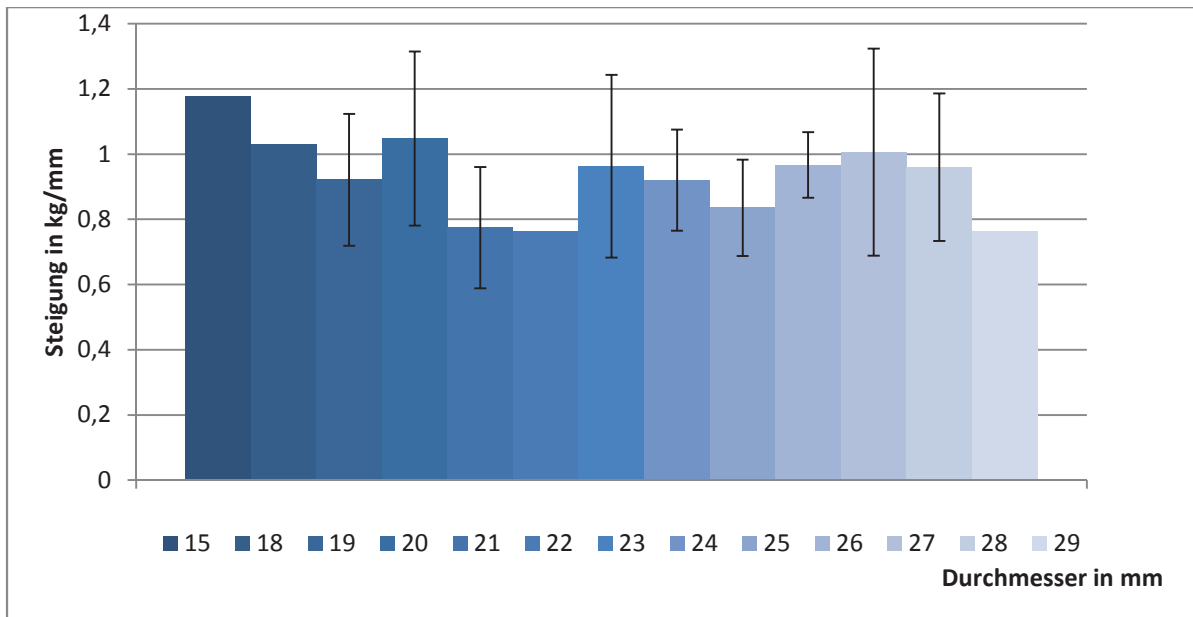


Abbildung 22: Steigung (kg/mm) ohne Berücksichtigung des Durchmessers von Gurken mit unterschiedlichen Durchmessern (Versuchsreihe 1)

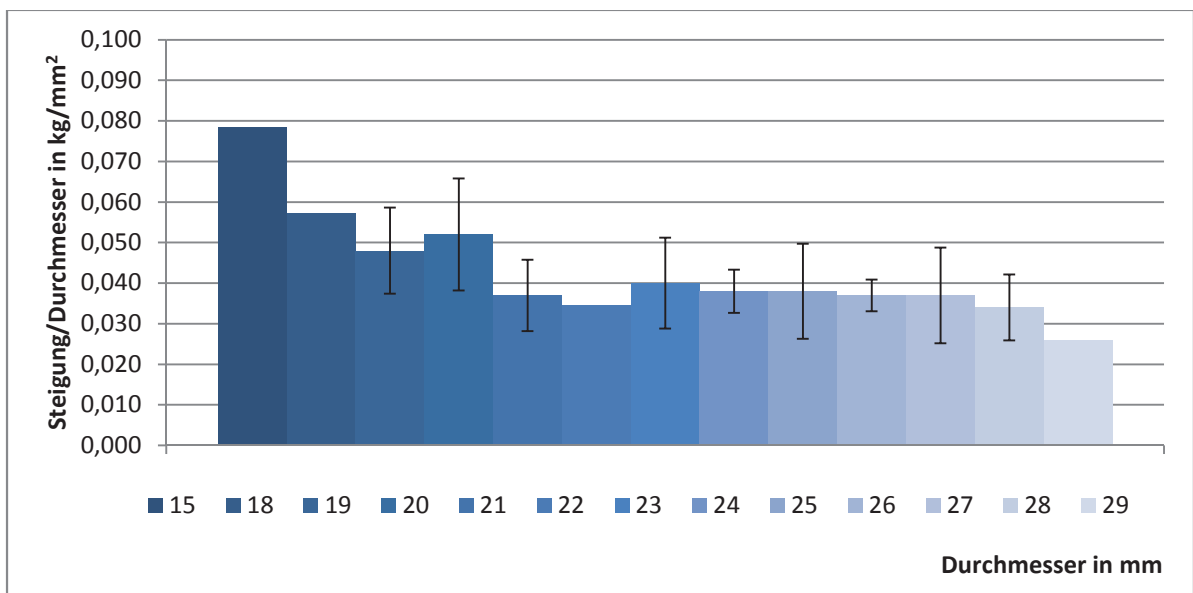


Abbildung 23: Steigung ( $\text{kg}/\text{mm}^2$ ) mit Berücksichtigung des Durchmessers von Gurken mit unterschiedlichen Durchmessern (Versuchsreihe 1)

#### 4.3.1.2 Akustische Messung

Zum besseren Interpretieren der instrumentellen Ergebnisse wird erneut die akustische Methode hinzugezogen. Den Anlagen 11 und 12 sind die Daten dieser Messungen zu entnehmen. In den Abbildungen 24 und 25 sind die Daten des maximalen Schalldruckpegels grafisch dargestellt. Wie bereits anhand der instrumentellen Ergebnisse abzusehen war, weisen auch diese Werte Schwankungen auf.

Der Schalldruckpegel ohne Berücksichtigung des Durchmessers weist wie bei der Kraft einen Anstieg mit zunehmendem Durchmesser auf. Auch in diesem Fall widersprechen sich die Daten mit der Steigung. Wird der Schalldruckpegel auf den Durchmesser bezogen kehrt sich die Grafik um und der Schalldruckpegel nimmt mit zunehmendem Durchmesser hin ab. Alle Abbildungen die sich auf den Durchmesser beziehen zeigen ein einheitliches Bild, dass die Knackigkeit mit zunehmendem Durchmesser hin abnimmt. Ohne eine Berücksichtigung des Durchmessers kann keine Tendenz erkannt werden.

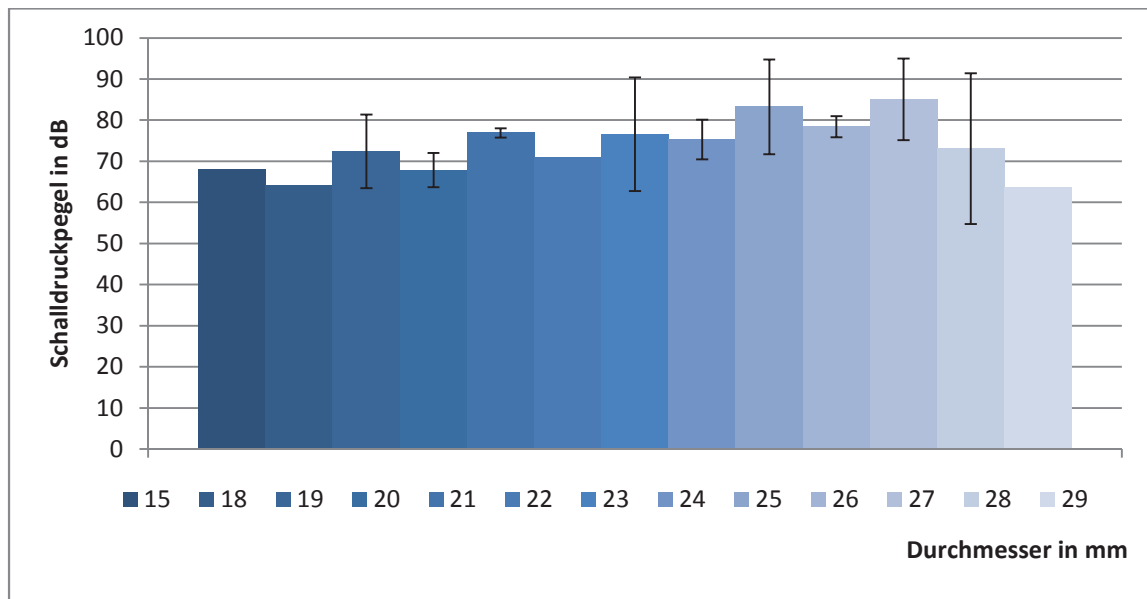


Abbildung 24: Maximaler Schalldruckpegel (dB) ohne Berücksichtigung des Durchmessers von Gurken mit unterschiedlichen Durchmessern (Versuchsreihe 1)

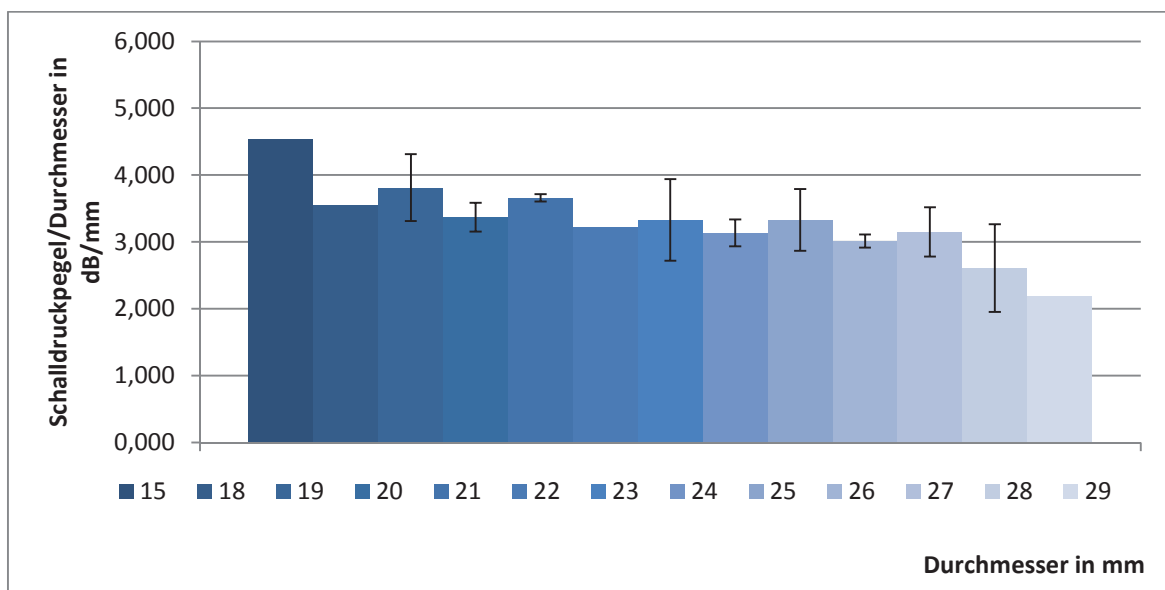


Abbildung 25: Maximaler Schalldruckpegel (dB/mm) mit Berücksichtigung des Durchmessers von Gurken mit unterschiedlichen Durchmessern (Versuchsreihe 1)

Die Knackigkeit von Essiggurken kann ebenfalls durch die akustischen signifikanten Peaks bestimmt werden. In der Abbildung 26 und 27 wird die Anzahl der Peaks mit und ohne Berücksichtigung des Durchmessers dargestellt. Bei der Betrachtung der Abbildung fällt auf, dass die Daten starken Schwankungen unterliegen. Die Ergebnisse schwanken zwischen 0 und 20 Peaks. Aus diesen Abbildungen können keine Aussagen über die Veränderung der Knackigkeit gegeben werden. Wie bereits bei den vorangegangenen Versuchen rief auch diese Versuchsreihe bei der Anzahl der akustischen Peaks sehr hohe Variationskoeffizienten hervor. Es ist auffällig, dass die Variationskoeffizienten umso größer werden je größer der Stichprobenumfang war. Je kleiner die Stichprobe war umso geringer ist der Variationskoeffizient. Die Variationskoeffizienten der beiden Abbildungen weichen nur geringfügig voneinander ab.

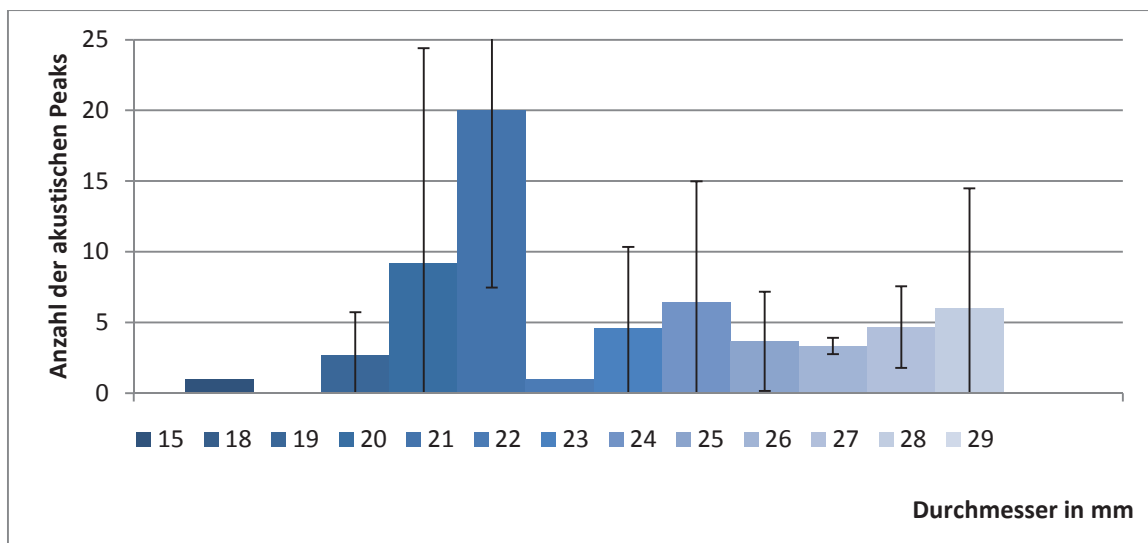


Abbildung 26: Signifikante akustische Peaks ohne Berücksichtigung des Durchmessers von Gurken mit verschiedenen Durchmessern (Versuchsreihe 1)

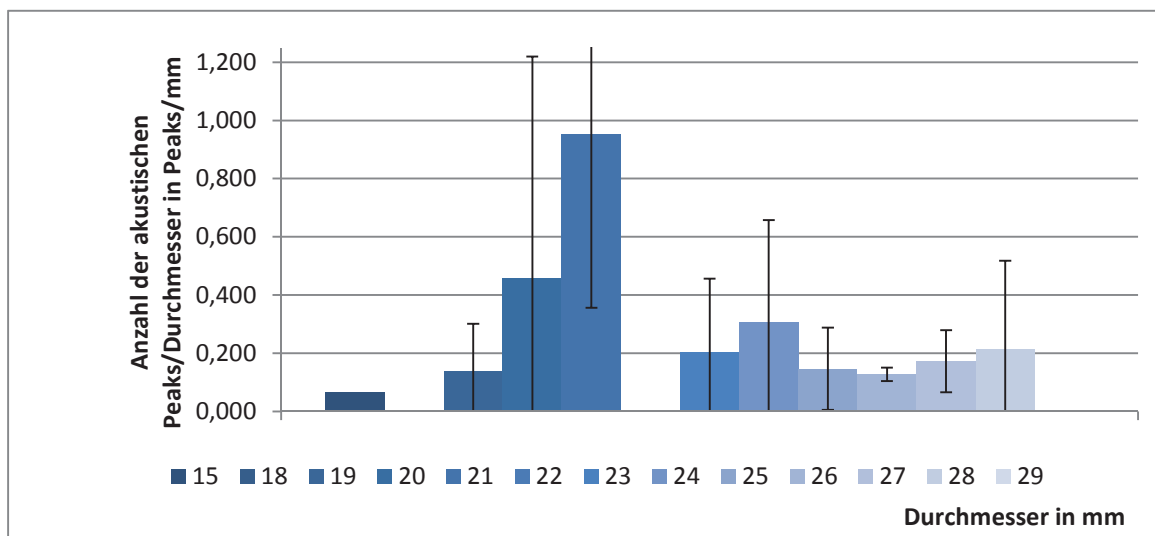


Abbildung 27: Signifikante akustische Peaks (Peaks/mm) mit Berücksichtigung des Durchmessers von Gurken mit unterschiedlichen Durchmessern (Versuchsreihe 1)

### 4.3.1.3 Sensorische Beurteilung

Um zu untersuchen, ob die akustischen und instrumentellen Ergebnisse auch sensorisch festgestellt werden können, wurde erneut eine erweiterte Dreiecksprüfung durchgeführt. Um den Panelisten die Bestimmung der abweichenden Probe zu erleichtern, wurden nur Gurken mit einem geringen Durchmesser (15 mm bis 20 mm) Gurken mit einem großen Durchmesser (25 mm bis 30 mm) gegenübergestellt.

Tabelle 15: Darstellung der Probensätze mit den verwendeten Proben, Probenanordnung und den richtig gegebenen Antworten (Versuch: Gurken mit verschiedenen Durchmessern)

Probensatznummer	Unterschied zwischen den Proben	Anordnung der Proben	Summer der richtigen Antworten
1	geringer und großer Durchmesser	AAB	6
2	geringer und großer Durchmesser	BAB	4
3	geringer und großer Durchmesser	ABB	4
4	geringer und großer Durchmesser	ABA	5
Summe =			19

Es wurden 32 Prüfungen durchgeführt. Bei der Untersuchung zwischen dem Zusammenhang der Knackigkeit von Gurkenfrüchten mit großen und kleinen Durchmesser wurden 19 Prüfungen richtig erkannt. In der Tabelle 15 sind die Probensätze mit den verwendeten Proben, die Probenanordnung und die Anzahl der richtig gegebenen Antworten übersichtlich dargestellt. Da 19 Proben richtig erkannt worden sind, liegt ein hoher signifikanter Unterschied mit einem Signifikanzniveau von  $\alpha = 0,01$  im Probenmaterial vor. Bei der Befragung welche der Proben bevorzugt werden, wurde 15-mal die Probe mit einem großen Durchmesser und nur 4-mal die Proben mit dem geringen Durchmesser bevorzugt. An den sensorischen Ergebnissen wird deutlich, dass die Panelisten die Gurkenfrucht mit dem größeren Durchmesser für deutlich knackiger empfanden als die Gurken mit einem geringeren Durchmesser.

### 4.3.2 Zweite Versuchsreihe

Da in der ersten Versuchsreihe ein systematischer Fehler aufgetreten ist, soll dieser in der zweiten Versuchsreihe vermieden werden. Der Fehler hat zwei Ursachen. Zum einen liegt es an dem zu gering gewählten Stichprobenumfang, welcher zu einer starken Streuung der Ergebnisse geführt hat. Der zweite Fehler liegt darin, dass die Proben aus den ersten beiden Versuchsreihen nur zusammengewürfelt wurden und nicht darauf geachtet wurde, aus welchem Segment der Gurke und aus welchem Bereich des Gurkenglases die Proben stammten. Aus diesem Grund wurde in der folgenden Versuchsreihe mit einer deutlich größeren Stichprobe gearbeitet. Des Weiteren wurden die Gurkenfrüchte aus dem oberen Bereich des Gurkenglases entfernt und verworfen. Von den restlichen Früchten wurde rechts und links von der Mitte eine Probe entnommen und analysiert. Durch diese Veränderungen im Versuchsaufbau wird der systematische Fehler vermieden.

#### 4.3.2.1 Instrumentelle Messung

Die Tabelle 16 stellt die Messwerte der Maximalkraft mit und ohne Durchmesserbezug und den Variationskoeffizienten dar. In der Abbildung 28 werden diese Daten noch einmal grafisch dargestellt.

Tabelle 16:  $F_{\max}$  (kg) mit und ohne Berücksichtigung des Durchmessers von Gurken mit unterschiedlichen Durchmessern (2. Versuchsreihe)

(pro Intervall n= 20)	Kraft in kg	Standard- abweichung $\sigma$	Variations- koeffizient in %	Kraft/Durchmesser in kg/mm	Standard- abweichung $\sigma$	Variations- koeffizient in %
Intervall 20-23 mm	6,21	0,95	15,2	0,274	0,043	15,7
Intervall 24-27 mm	7,44	1,10	14,8	0,292	0,040	13,6
Intervall 28-31 mm	8,59	1,36	15,8	0,297	0,047	15,8
Intervall 32-35 mm	8,60	1,42	16,5	0,265	0,044	16,7

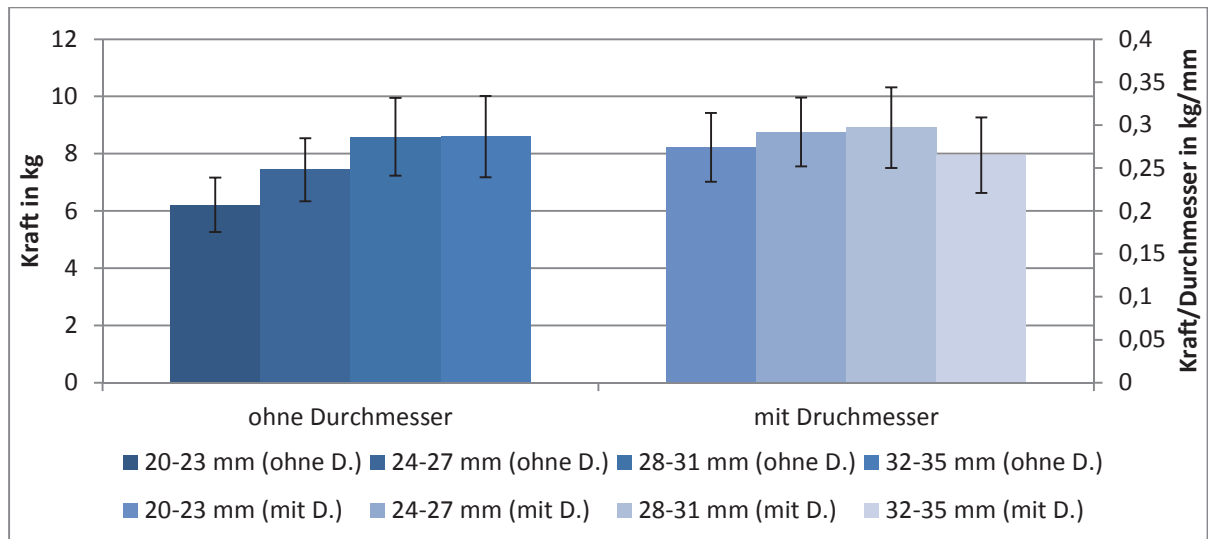


Abbildung 28: Änderung von  $F_{\max}$  (kg) mit und ohne Berücksichtigung des Durchmessers von Gurken mit unterschiedlichen Durchmessern (2. Versuchsreihe)

Die Abbildung 28 zeigt die Kraft  $F_{\max}$  in Abhängigkeit vom Durchmesser. Es fällt auf, dass die Maximalkraft mit zunehmendem Durchmesser von 6,2 kg auf 8,6 kg ansteigt. Zwischen den Intervallen mit den beiden größten Durchmessern erfolgt keine Zunahme der Kraft mehr. Die auf den Durchmesser bezogenen Maximalkraftwerte nehmen ebenfalls bis zum Intervall 28-31 mm leicht zu; allerdings fallen diese beim letzten Intervall mit dem größten Durchmesser von 32-35 mm wieder auf den kleinsten Wert von 0,265 kg/mm ab. Die Variationskoeffizienten sind im Vergleich zu den Koeffizienten der Kraft ohne Durchmesserbezug fast identisch. In der Tabelle 17 und Abbildung 29 ist die Steigung der Kraft-Weg-Kurve mit und ohne Durchmesserbezug und den Variationskoeffizienten dargestellt.

Tabelle 17: Steigung (kg/mm) mit und ohne Berücksichtigung des Durchmessers von Gurken mit unterschiedlichen Durchmessern (2. Versuchsreihe)

( pro Intervall n= 20)	Steigung in kg/mm	Standard- abwei- chung $\sigma$	Variations- koeffizient in %	Steigung/ Durchmesser in kg/mm <sup>2</sup>	Standard- abweichung $\sigma$	Variations- koeffizient in %
Intervall 20-23 mm	1,49	0,23	15,6	0,0654	0,0097	14,8
Intervall 24-27 mm	1,51	0,23	15,1	0,0590	0,0081	13,7
Intervall 28-31 mm	1,51	0,31	20,3	0,0521	0,0107	20,5
Intervall 32-35 mm	1,49	0,43	28,6	0,0460	0,0131	28,5

Auffällig ist, dass die Werte ohne Berücksichtigung des Durchmessers kaum voneinander abweichen. Aus diesen Daten kann keine Tendenz der Knackigkeit abgelesen werden. Wird die Steigung jedoch direkt auf den Durchmesser bezogen, ist zu erkennen, dass sie mit steigendem Durchmesser kontinuierlich abnimmt. Diese Werte stehen im Gegensatz zu den Werten der Maximalkraft. Aufgrund der Abnahme der Steigung bei größer werdendem Durchmesser wird vermutet, dass die Knackigkeit von den kleineren zu den größeren Gurken hin abnimmt. Diese Vermutung soll mit der akustischen Messung bekräftigt oder widerlegt werden. Die Variationskoeffizienten sind etwas höher als die der Maximalkraft. Allerdings unterscheiden sich diese mit und ohne Durchmesserbezug bei der Steigung der Kraft-Weg-Kurve nur geringfügig; außerdem steigen die Koeffizienten mit größer werdenden Durchmesser an.

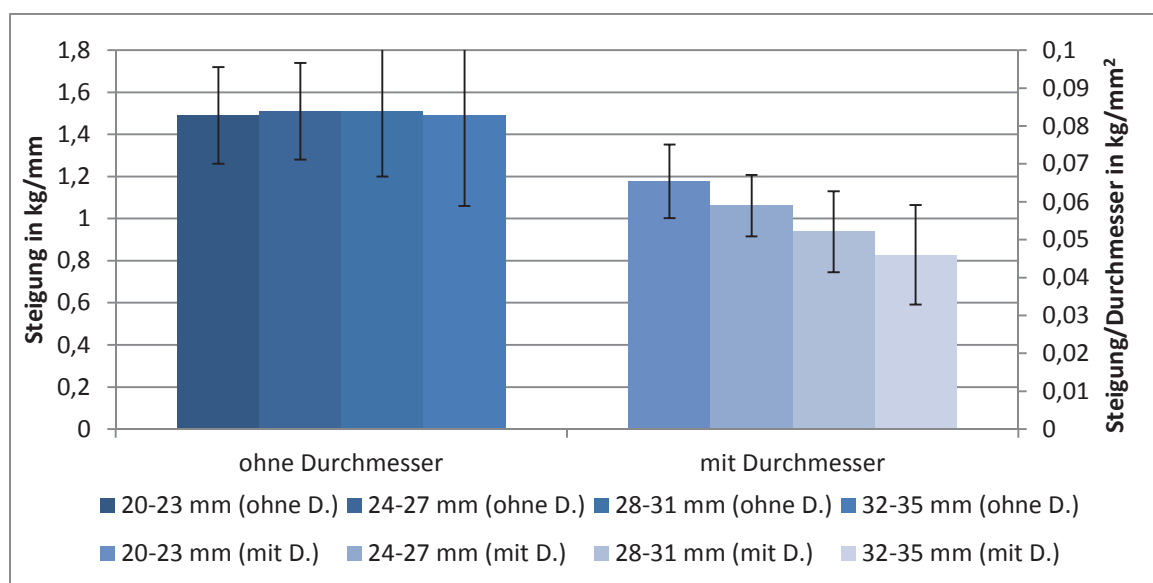


Abbildung 29: Änderung der Steigung (kg/mm) mit und ohne Berücksichtigung des Durchmessers von Gurken mit unterschiedlichen Durchmessern (2. Versuchsreihe)

#### 4.3.2.2 Akustische Messung

In der Tabelle 18 und Abbildung 30 werden die Werte des maximalen Schalldruckpegels mit und ohne Durchmesserbezug aufgelistet.



Tabelle 18: Maximaler Schalldruckpegel (dB) mit und ohne Berücksichtigung des Durchmessers von Gurken mit unterschiedlichen Durchmessern (2. Versuchsreihe)

(pro Intervall n= 20)	Schall- druckpe- gel in dB	Standard- abwei- chung $\sigma$	Variations- koeffizient in %	Schalldruckpe- gel/Durchmesser in dB/mm	Standard- abwei- chung $\sigma$	Variations- koeffizient in %
Intervall 20-23 mm	85,50	7,50	8,8	3,77	0,33	8,9
Intervall 24-27 mm	88,18	5,08	5,8	3,46	0,18	5,5
Intervall 28-31 mm	90,15	3,88	4,3	3,10	0,17	4,8
Intervall 32-35 mm	90,08	6,92	7,7	2,78	0,20	7,3

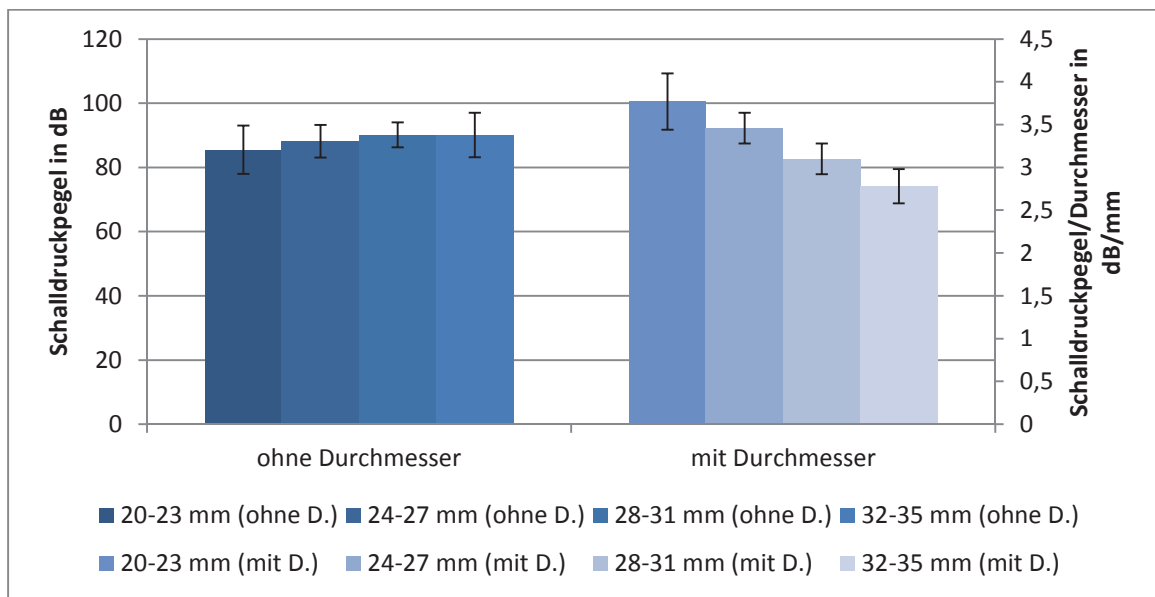


Abbildung 30: Änderung des maximalen Schalldruckpegels (dB) mit und ohne Berücksichtigung des Durchmessers von Gurken mit unterschiedlichen Durchmessern (2. Versuchsreihe)

Die Abbildung ohne Durchmesser zeigt, dass der Schalldruckpegel mit zunehmendem Durchmesser ebenfalls ansteigt. Zwischen dem kleinsten und den größten Intervall steigt der Schalldruckpegel zwischen 85 dB und 90 dB an. Vergleicht man die Daten ohne Durchmesserbezug mit den Daten mit Durchmesserbezug zeigen die beiden Grafiken ein widersprüchliches Bild. In der Abbildung 30 nimmt nämlich der Schalldruckpegel ohne Bezug zum Durchmesser leicht zu und mit Bezug deutlich ab. Auch bei diesen Werten ist ein Widerspruch zu den Werten der Maximalkraft zu erkennen. Die Schalldruckpegel-Werte verhalten sich ähnlich zu den Steigungswerten.

Die Variationskoeffizienten sind bei Schalldruckpegel mit und ohne Durchmesserbezug praktisch identisch.

Als letzten Parameter wird die Anzahl der signifikanten akustischen Peaks betrachtet (Tabelle 19 und Abbildung 31). Die Peakanzahl mit Durchmesserbezug zeigt, dass die Anzahl der Peaks mit zunehmendem Durchmesser hin abnimmt. Beim Intervall von 24-27 mm ist die Anzahl der Peaks mit und ohne Durchmesserbezug deutlich niedriger als beim kleineren und bei den größeren Durchmessern. Der Variationskoeffizient ist wie bei den vorangegangenen Versuchen sehr hoch (teilweise über > 100 %). Diese hohen Koeffizienten könnten darauf zurückzuführen sein, dass die Auszählung der Peaks manuell erfolgte und nicht mit der Software. Es sollte überprüft werden, ob eine Auszählung der Software geringe Variationskoeffizienten hervorruft.

Tabelle 19: Anzahl der signifikanten akustischen Peaks mit und ohne Berücksichtigung des Durchmessers von Gurken mit unterschiedlichen Durchmessern (2. Versuchsreihe)

(pro Intervall n= 20)	Anzahl der Peaks	Standardabweichung $\sigma$	Variationskoeffizient in %	Anzahl der Peaks/Durchmesser in Peaks/mm	Standardabweichung $\sigma$	Variationskoeffizient in %
Intervall 20-23 mm	44,5	58,1	130,7	1,96	2,58	131,6
Intervall 24-27 mm	26,1	10,7	40,9	1,02	0,43	41,8
Intervall 28-31 mm	41,9	52,2	124,5	1,44	1,76	122,4
Intervall 32-35 mm	42,75	56,05	131,1	1,33	1,75	132,3

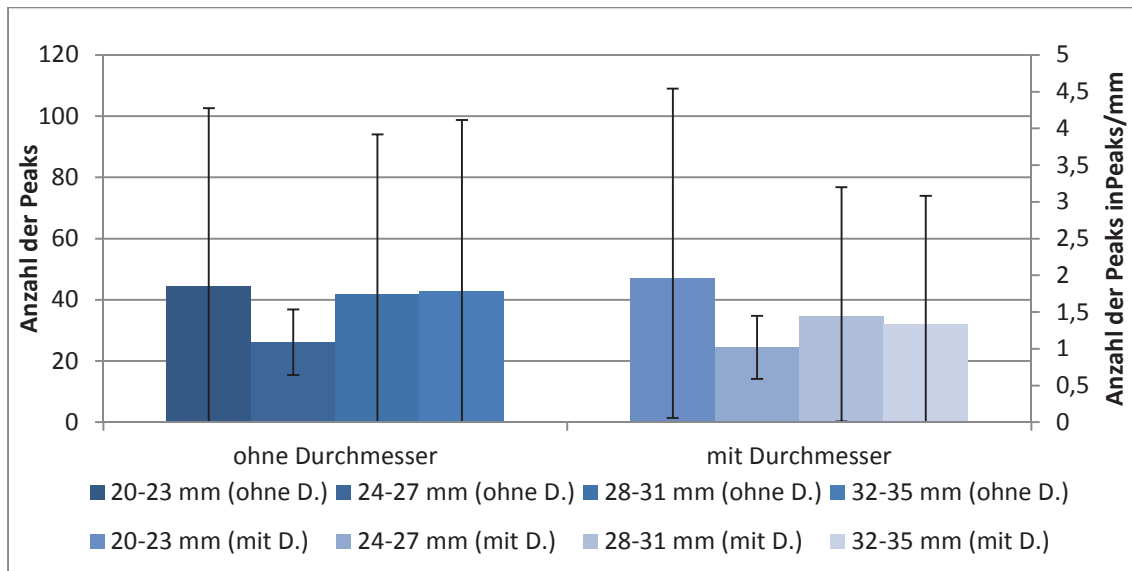


Abbildung 31: Änderung der signifikanten akustischen Peaks mit und ohne Berücksichtigung des Durchmessers von Gurken mit unterschiedlichen Durchmessern (2. Versuchsreihe)

#### 4.3.2.3 t- Test nach Gosset

Um herauszufinden, inwiefern die ermittelten Unterschiede zwischen den einzelnen Durchmesserintervallen signifikant sind, wird der t-Test nach Gosset angewendet. Aufgrund der nur schwer zu interpretierenden Ergebnisse der Parameter ohne Durchmesserbezug wird der t-Test nur bei den Parametern mit Durchmesserbezug durchgeführt. Die Tabelle 20 stellt die Ergebnisse der t-Tests übersichtlich dar. In der Anlage 10 können die Rechnungen nachvollzogen werden.

Beim Parameter Kraft  $F_{\max}$  konnten aufgrund des Kurvenverlaufs in Abbildung 37 nur signifikante Unterschiede in den Daten zwischen den Intervallen 20-23 mm und 28-31, zwischen Intervall 20-23 mm und 24-27 mm und den Intervallen 24-27 und 32-35 mm festgestellt werden. Bei den Parametern Steigung und maximaler Schalldruckpegel wurde zwischen allen Intervallen (auch bei den direkt nebeneinander liegenden) ein signifikanter Unterschied in den Daten ermittelt. Bei der Anzahl der signifikanten Peaks konnte nur zwischen den Intervallen 20-23 mm und 24-27 mm ein signifikanter Unterschied ermittelt werden. Dieser Unterschied konnte jedoch nur ermittelt werden, da das Intervall 24-27 mm eine deutlich geringe Anzahl an Peaks aufwies als die übrigen.

Tabelle 20: Auflistung der signifikanten Unterschiede zwischen Gurken mit verschiedenen Durchmessern (2. Versuchsreihe)

Parameter	Unterschied signifikant (+) / nicht signifikant (-)					
	I 20-23mm/ I 32-35mm	I 20-23 mm / I 28-31 mm	I 20-23 mm / I 24-27 mm	I 24-27 mm / I 32-35 mm	I 24-27 mm / I 28-31 mm	I 28-31 mm / I 32-35 mm
Kraft $F_{\max}$ - mit D.	-	+	+	+	-	-
Steigung - mit D.	+	+	+	+	+	+
max. Schall- druckpegel - mit D.	+	+	+	+	+	+
Anzahl d. Peaks - mit D.	-	-	+	-	-	-

## 5. Diskussion

In diesem Kapitel sollen die Ergebnisse interpretiert und erklärt werden. Ebenfalls werden die Messwerte mit den Angaben in der Literatur verglichen und mögliche Abweichungen diskutiert. Ebenso soll der Einfluss von möglichen Fehlerquellen aufgedeckt und in die Ergebnisse integriert werden.

### 5.1 Vergleich der akustischen, instrumentellen und sensorischen Methoden mit einer Gurkenfrucht vom Stiel- bis zum Blütenende

Anhand der instrumentellen und akustischen Messung konnte festgestellt werden, dass die Knackigkeit und Festigkeit von Essiggurken vom Stielende zum Blütenende hin abnimmt. Meurer (1991) beschreibt in seiner Dissertation, dass die Daten der Steigung am besten mit der Knackigkeit und die Daten der Kraft am besten mit der Festigkeit von Gurkenfrüchten beschrieben werden kann. Eine knackige und feste Einlegegurke wird also durch eine hohe Bruchkraft und einen steilen Anstieg mit anschließendem plötzlichem starkem Abfall der Kurve dargestellt. Zwischen den beiden Fruchtsegmenten Stiel und Blüte konnte ein signifikanter Unterschied in der Festigkeit ermittelt werden. Auffällig an den Ergebnissen sind die hohen Variationskoeffizienten. Diese liegen selten unter 20 %. Meurer (1991) stellte fest, dass solch hohe Variationskoeffizienten vor allem durch die natürliche Inhomogenität des Probenmaterials auftreten. Dieser Faktor kann verringert werden, wenn mit einer Kramer-Scher-Zelle gearbeitet wird und mehrere Gurkenscheiben in einer Ebene vermessen werden. Dadurch bekommt jeder Einzelwert den Charakter eines Durchschnittswertes und der Variationskoeffizient sinkt auf etwa 6 %. Da bei den Versuchsreihen dieser Arbeit jeweils nur eine Gurkenscheibe vermessen wurde tritt die Inhomogenität des Probenmaterials in den Vordergrund. Auch aufgrund des geringen Stichprobenumfangs sind möglicherweise widersprüchliche Ergebnisse zu erklären. Dazu gehört zum Beispiel der Anstieg des Schalldruckpegels und der Anzahl der Peaks im Blütensegment der akustischen Messung. Dieser Anstieg ist verwunderlich, da bei den Parametern der Maximalkraft und der Steigung der Kraft-Weg-Kurve als Werte vom Stielende zum Blütenende hin abnehmen. So eine Tendenz würde man auch bei der akustischen Messung erwarten. Durch eine deutlich größere Stichprobe wäre das Ergebnis wahrscheinlich genauer und könnte einen anderen Verlauf der Daten zeigen. Jedoch war es, aufgrund des begrenzten Probenmaterials nicht möglich, eine größere Stichprobe in den Versuchen zu verwenden. Die Anzahl der signifikanten akustischen Peaks wurde manuell ausgezählt welches ebenfalls zu Ungenauigkeiten in den Ergebnissen führt. Weichmann (1997) verfasste einen Artikel über die Grundlagen der Texturmessung. In diesem ging er auf die Probleme des Prüfmaterials, die optimale Größe der Stichprobe und auf die

Streuung der Ergebnisse ein. Um die Streuung so weit wie möglich zu minimieren sollte für instrumentelle Versuche mit der maschinellen Texturprofilanalyse mit einem minimalen Probenumfang von 12 Gurkenfrüchten gearbeitet werden. Erst ab diesem Stichprobenumfang pendeln sich die Ergebnisse konstant um einen Mittelwert ein. Durch eine größere Grundgesamtheit würde auch der Variationskoeffizient sinken. Bei der sensorischen Untersuchung konnten die 8 Panelisten keinen signifikanten Unterschied zwischen dem Stiel- und dem Blütenende feststellen. Dieses Ergebnis kann bedeuten, dass instrumentell feststellbare kleine Unterschiede in der Knackigkeit nicht mehr vom Menschen festgestellt werden. Da das Panel jedoch nicht ausreichend geschult wurde, kann das auch der Grund dafür sein, dass sie keinen signifikanten Unterschied im Probenmaterial erkennen konnten. Allerdings sind die Ergebnisse der sensorischen Untersuchung mit Vorsicht zu betrachten. Zu Fehlern geführt haben kann die Art und Weise wie die Panelisten in die Proben gebissen haben. Sie wurden zwar angewiesen, die Gurkenscheiben flach zwischen die Schneidezähne zu nehmen, allerdings wurde nicht explizit gesagt, dass die Scheibe mittig zerbissen werden sollte. Dadurch kann es sein, dass einige Teilnehmer die Gurke nur am Rand zerteilt haben und andere wiederum die Scheibe mittig zerteilt haben und somit hauptsächlich das Endo- und das Mesocarp zerbissen haben. Da diese beiden Gewebebereiche deutlich weicher sind als das ledrige Exocarp können dadurch die festgestellten Unterschiede entstanden sein. Des Weiteren werden beim Konsum von eingelegten Gurken diese nicht in Scheiben geschnitten, sodass der Anteil an Schalenteilen deutlich höher ist. Des Weiteren ist der durchgeführte Verbrauchertest kritisch zu betrachten. Normalerweise werden Verbrauchertests ab 120 Personen durchgeführt. Da an der erweiterten Dreiecksprüfung jedoch nur 8 Personen teilgenommen haben, kann das Ergebnis höchstens eine Richtung angeben, in die die tatsächlichen Resultate gehen. Ebenfalls war das Panel nicht geschult. Die Panelisten kannten den Triangeltest, jedoch erhielten sie vor der Verkostung nur eine kleine Einführung um ein Gefühl für weiche und knackige Gurkenfrüchte zu bekommen. Es fand auch keine Wiederholung der sensorischen Prüfung statt. Durch eine Schulung und mindestens eine Wiederholung der Prüfung würden genauere und klarere Ergebnisse entstehen. In der Fachliteratur wird das gleiche Phänomen von Stähle-Hamatschek (1985) und Weichmann (1997) beschrieben, dass die Textur vom Stiel- zum Blütenende hin abnimmt.

## 5.2 Vergleich der akustischen, instrumentellen und sensorischen Methoden von pasteurisierten Gurkenfrüchten im Glas

Bei dieser Versuchsreihe fällt bei der instrumentellen Messung auf, dass die Festigkeit der Gurkenfrüchte im Glas von oben nach unten hin zunimmt. Diese Vermutung bestätigt auch der zunehmende Anstieg der Kraft-Weg-Kurve vom oberen zum unteren Bereich. Diese nimmt ebenfalls vom oberen Glasbereich zum unteren zu. Die Ergebnisse der instrumentellen Messung zeigen, dass die Gurken im unteren Bereich des Glases am festesten sind. Die akustische Methode bestätigte das Ergebnis der instrumentellen Messung. Der maximale Schalldruckpegel steigt vom oberen zum unteren Bereich hin an. Der ansteigende Schalldruckpegel ist durch die zunehmende Festigkeit der Gurkenscheiben zu erklären. Je fester und steifer eine Probe ist, umso mehr Kraft muss aufgebracht werden um diese zu Zerschlagen. Gibt dann das Zellgewebe plötzlich nach und bricht, entsteht ein Geräusch. Je mehr Widerstand das Gewebe leistet und dann abrupt reißt, umso lauter ist das entstehende Geräusch. Dieser Effekt kann auch durch die Anzahl der Peaks beobachtet werden. Die Anzahl der Peaks verändert sich mit dem Bereich. Vom unteren zum oberen Bereich des Gurkenglases nimmt die Anzahl der Peaks ab. Je knackiger eine Gurkenfrucht ist, umso mehr signifikante, akustische Peaks sind vorhanden. Auch die akustische Messung zeigt, dass die Festigkeit von Essiggurken vom oberen zum unteren Teil des Gurkenglases zunimmt. Die sensorische Beurteilung zeigt ähnliche Ergebnisse. Die Panelisten konnten einen signifikanten Unterschied im Probenmaterial feststellen. Das bedeutet, dass auch Verbraucher den Unterschied in der Festigkeit von Gurken im Glas aufgrund des Pasteurisierens feststellen können. Die Unterschiede zwischen dem oberen und dem unteren Bereich im Glas können leichter festgestellt werden, als die Unterschiede zwischen den direkt benachbarten Bereichen. Allerdings stellt sich die Frage, warum die Panelisten in der Lage waren die Festigkeitsunterschiede im pasteurisierten Glas und nicht vom Stiel- zum Blütenende hin festzustellen. Durch die Versuche konnte bei allen 3 Methoden festgestellt werden, dass sich die Knackigkeit von Essiggurken nach dem Pasteurisieren stark ändert. Die geringeren Unterschiede in der Festigkeit zwischen Stielende und Blütenende konnten nur von den instrumentellen und akustischen Methoden festgestellt werden. Diese Unterschiede waren für die Panelisten nicht signifikant. Die Unterschiede in der Knackigkeit welche durch den Pasteurisationsvorgang entstehen, wurden in allen 3 Verfahren erkannt. Eigentlich wurde erwartet, dass die Gurken im mittleren und unteren Bereich nur wenig voneinander abweichen, da der kritische Punkt im Übergangsbereich zwischen diesen beiden Zonen liegt. Diese Vermutung wurde jedoch durch die Versuche widerlegt. Tatsächlich nimmt die Knackigkeit vom oberen zum unteren Teil hin zu. Diese Werte könnten sich durch den Aufbau des Glases und die Pasteurisationstechnik erklären lassen.

Der thermisch ungünstigste Punkt befindet sich im Glas etwa zwischen 25 - 30 % der Glashöhe. Diese Stelle befindet sich unterhalb der Mitte. Die hohe thermische Belastung im Deckel- und Schulterbereich des Glases wird hauptsächlich durch die Technik des Pasteurisierens bedingt sein. Überwiegend werden bei der Pasteurisation Berieselungspasteure eingesetzt, wobei die stehenden Gläser mit heißem Wasser beregnet werden. Durch diese Technik ist der obere Bereich des Gurkenglases größeren thermischen Belastungen ausgesetzt als die anderen Bereiche und es kommt dort zu stärkeren Knackigkeitsverlusten.

### 5.3 Vergleich der akustischen, instrumentellen und sensorischen Methoden von Gurkenfrüchten mit unterschiedlichem Durchmessers

Die erste Versuchsreihe zur Bestimmung der Knackigkeit von Essiggurken mit verschiedenen Durchmessern lieferte aufgrund eines systematischen Fehlers keine klaren Ergebnisse. Dieser Fehler lässt die starken Schwankungen bei der Auswertung der Parameter entstehen.

Ebenfalls könnte dieser dafür verantwortlich sein, dass die akustischen und instrumentellen Methoden widersprüchliche Ergebnisse aufweisen. Dieser systematische Fehler hat zwei Ursachen. Zum einen wurde eine zu geringe und verschieden große Stichprobe gewählt. Es gab Durchmesser, bei denen der Stichprobenumfang nur aus einer Probe bestand und andere Durchmesser, die bis zu 6 Proben enthielten. Wie bereits schon angesprochen, empfahl Weichmann (1997) einen minimalen Stichprobenumfang von 12 Gurkenfrüchten. Bei einer geringeren Stichprobe tritt eine zu große Streuung der Werte auf. Der zweite Fehler in dieser Versuchsreihe bestand darin, dass die Proben der ersten beiden Versuche nur zusammengewürfelt wurden und daraus die Knackigkeit der Gurkenfrüchte mit verschiedenen Durchmessern bestimmt werden sollte. Dabei wurde nicht beachtet, dass die Proben aus diesen Versuchen aus verschiedenen Segmenten der Gurkenfrucht und aus unterschiedlichen Bereichen des Gurkenglases entnommen wurden. Wie diese Versuche jedoch gezeigt haben, weisen die einzelnen Bereiche und Segmente signifikante Unterschiede in ihrer Festigkeit auf. Diese nachgewiesenen Unterschiede wurden somit in die neue Versuchsreihe mit hineingenommen. Aus diesem Grund kann es somit dazu gekommen sein, dass eine Probe aus dem oberen Bereich des Glases mit dem Blütensegment untersucht wurde welche eine ganz andere Festigkeit aufweist als eine Proben aus dem unteren Bereich des Glases vom Stielende der Frucht. Dazu kommt noch, dass der Durchmesser von einer Gurkenfrucht nicht überall gleich ist. Aufgrund des natürlichen Wachstums der Frucht ist der Stiel- und Mittelbereich etwas dicker als der Blütenbereich. Wegen dieser neben dem Durchmesser zusätzlichen Einflussfaktoren auf die Knackigkeit konnten sowohl mit instrumentellen als auch mit sensorischen Methoden keine aussagekräftigen Ergebnisse erzielt werden.



In einer zweiten Versuchsreihe wurde dieser systematische Fehler ausgeschlossen, indem eine deutlich größere Stichprobe verwendet, die Gurken aus dem oberen Bereich aussortiert und verworfen und von jeder Gurkenfrucht rechts und links von der Mitte eine Probe vermessen wurde - dadurch konnten eindeutige Ergebnisse erreicht werden - die gezeigt haben, dass die Knackigkeit mit zunehmendem Durchmesser hin abnimmt. Dies kann mehrere Ursachen haben. Zunächst hat die Pasteurisation einen großen Einfluss. Bei der thermischen Belastung des Gurkenglases erwärmen sich kleine Gurken schneller als große Gurken. Dadurch sind diese der hohen Temperatur eine längere Zeit ausgesetzt. Allerdings kühlen sich kleinere Gurken aufgrund ihrer Größe auch schneller wieder ab. Große Gurken hingegen brauchen eine deutlich längere Zeit bis sie sich wieder abgekühlt haben.

Aufgrund der Ergebnisse scheinen große Gurken einer längeren Zeit der thermischen Belastung standhalten zu müssen als die kleinen Gurken. Ebenfalls kann das Verhältnis zwischen Mesocarp und Endocarp einen Einfluss auf die Festigkeit haben. Bei großen Gurken ist das Verhältnis zwischen Meso- und Endocarp anders zueinander als bei kleineren Gurken. Ein weiterer und entscheidender Faktor ist die Zellgröße. Größere Essiggurken haben aufgrund ihres Wachstums größere Zellen. Mit der Größe der Zellen sinkt auch der Anteil der Zellwandbestandteile zum Volumen, welche für Stabilität im Gewebe sorgen. Kleine Gurken haben aufgrund der kleineren Zellen und der vielen Zellwandbestandteile eine deutlich bessere Stabilität und somit Festigkeit. Zdunek (2004) führte eine Studie über den Einfluss von verschiedenen Zellgrößen und Zellwandvolumen bei Kartoffeln und Karotten durch. Dabei fand er heraus, dass die Anordnung der Zellen und der Anteil der Zellwandbestandteile im Gewebe einen entscheidenden Einfluss auf die Textur der Gemüse haben. Gemüse mit großen Zellen sind weicher als Gemüse mit kleinen Zellen. Das könnte der Grund dafür sein, dass größere Gewürzgurken weicher sind als kleinere Gurken.

Abschließend kann gesagt werden, dass das Ziel dieser Arbeit erreicht wurde. Die drei ausgewählten Gesichtspunkte zu denen die Knackigkeit betrachtet wurde, konnten aussagekräftige Ergebnisse liefern. Des Weiteren wurde festgestellt, dass Panelisten sehr wohl Unterschiede in der Knackigkeit und Festigkeit von Gurkenfrüchten ermitteln können, jedoch müssen die Unterschiede ausreichend groß sein. Ansonsten können diese nur instrumentell und akustisch bestimmt werden. Ebenfalls hat diese Arbeit gezeigt, dass es wichtig ist, die Daten direkt auf den Durchmesser zu beziehen. Da die Kraft bei einer gleich festen Scheibe mit einem größeren Durchmesser auch ansteigt, können so keine aussagekräftigen und richtigen Ergebnisse entstehen. Wenn die Werte nicht auf den Durchmesser bezogen werden, kann es zu Verzerrung der Daten und somit sogar zu falschen Resultaten kommen. Eine Ergänzung der mechanischen Messung durch die akustische Messung ist sinnvoll.

Vor allem durch die Ermittlung des maximalen Schalldruckpegels können die Messwerte besser ausgewertet und bewertet werden. Die sensorischen und instrumentellen Ergebnisse werden so noch einmal bestätigt. In dieser Arbeit konnte jedoch anhand der signifikanten akustischen Peaks keine auswertbaren Daten erzielt werden. Das kann daran liegen, dass die Auszählung manuell erfolgte und nicht mit einer Computersoftware. Durch die manuelle Auszählung kann man sich schnell verzählen und es können sich Fehler einschleichen. Im Allgemeinen wird die Ergänzung der mechanischen Werte durch eine akustische Messung als besser erachtet als eine rein mechanische Messung. Auch der verwendete Prüfkörper (Warner Bratzler Rectangular notch Blade) eignet sich gut für die Versuchsreihe, da sie dem ersten Biss mit den Schneidezähnen des Menschen gut nachahmt.

Ebenso bieten sich diese mechanischen Verfahren dazu an, in der Industrie relativ schnell und sicher Ergebnisse über die Knackigkeit und Festigkeit zu liefern ohne erst mit großem zeitlichem Aufwand ein sensorisches Panel zu trainieren und für jede Untersuchung zusammen kommen zu lassen. Allerdings sollte in einem nächsten Schritt die sensorische Betrachtung mit einem größeren und besser geschulten Panel durchgeführt werden. Des Weiteren wäre in weiteren Versuchen sehr interessant, einen großen Verbrauchertest zur Beliebtheit von knackigen und weniger knackigen Gurken durchzuführen. Ebenfalls sollte erneut eine akustische Messreihe aufgestellt werden in der die akustischen Peaks mittels einer Software ausgewertet werden um ein Urteil darüber treffen zu können, ob es sinnvoll ist diesen Parameter in der Analyse der Knackigkeit von Essiggurken einzusetzen. Zusätzlich sollten einmal große und kleine Gurken mikroskopiert werden um die Theorie der unterschiedlichen Zellgrößen und den Anteil der Zellwandbestandteile zum Volumen auch bei Gurken zu überprüfen.

## 6. Zusammenfassung

Die Textur ist ein wesentliches Qualitätskriterium von Obst und Gemüse. In dieser Arbeit steht die Analyse der Knackigkeit von pasteurisierten Essiggurken im Glas im Vordergrund. Ziel dieser Arbeit war es die Knackigkeit der Gurken unter verschiedenen Gesichtspunkten zu betrachten. Entscheidend für die Versuche war zum einen die Knackigkeit zwischen dem Stiel- und dem Blütenende einer Gurkenfrucht. Ein weiterer Aspekt war die Festigkeit der Einlegegurken im pasteurisierten Gurkenglas. Dazu wurde das Glas in 3 Teilbereiche (oberer, mittlerer und unterer Bereich) geteilt. Der letzte Aspekt befasst sich mit dem Längen-Dicken-Verhältnis von Essiggurken. Mit diesem Versuch sollte herausgefunden werden, ob kleine bzw. große Gurken eine unterschiedliche Festigkeit aufweisen und ob lückenlos gesagt werden kann, dass große Gurken grundsätzlich fester bzw. weicher sind als kleinere Gurken. Die Versuche wurden mit drei verschiedenen Methoden durchgeführt. Zum einen fand eine instrumentelle Untersuchung mit dem Texture Analyser statt. Zur erweiterten Betrachtung wurde an den Texture Analyser ein Akustik-Modul mit einem Mikrofon angeschlossen sodass der Schalldruckpegel und signifikante akustische Peaks ermittelt werden konnten. Zum Abschluss wurde noch eine sensorische Beurteilung durchgeführt mit der herausgefunden werden sollte, ob die Panelisten die gleichen Unterschiede zwischen den Proben feststellen können wie die maschinellen Methoden oder ob sehr kleine Unterschiede nur maschinell feststellbar sind. Die Ergebnisse haben gezeigt, dass die Knackigkeit einer Gurkenfrucht vom Stiel- zum Blütenende hin abnimmt. Dieses Ergebnis konnte auch durch die Literaturrecherche bestätigt werden. Die Analyse des pasteurisierten Gurkenglases ergab, dass die Festigkeit der Essiggurken vom oberen zum unteren Bereich des Glases zunahm. Dieses Ergebnis konnte sowohl mechanisch als auch sensorisch festgestellt werden. Der Grund für diese großen Texturunterschiede liegt in der Art und Weise des Pasteurisierens. Beim dritten Versuch wurden Gurkenfrüchte mit verschiedenen Durchmesser untersucht. Diese Untersuchung konnte feststellen, dass kleinere Gurkenfrüchte fester und knackiger sind als große Gurken. Abschließend kann gesagt werden, dass in alle drei Aspekte ein deutlicher Unterschied in der Knackigkeit von Essiggurken festgestellt werden konnte. In einem nächsten Schritt sollte die sensorische Betrachtung mit einem größeren und geschulten Panel durchgeführt werden. Des Weiteren wäre es sehr interessant einen großen Verbrauchertest zur Beliebtheit von knackigen und weniger knackigen Gurken durchzuführen. Ebenso sollte erneut eine akustische Messung durchgeführt werden in der die signifikanten akustischen Peaks mittels einer Software ausgewertet werden. Auch eine Analyse von Gurkenfrüchten mit einem Mikroskop wäre in Hinsicht auf die Zellgröße und den Zellwandanteil interessant.

## 7. Literaturverzeichnis

Busch-Stockfisch, M. (Hrsg.); Mühle C.; Hummel T.; Minkner D.; Grüb H.; Dürschmid K.: Praxis-handbuch der Sensorik in der Produktentwicklung und Qualitätssicherung. Hamburg: Behr's Verlag, 2008

Castor-Prada E.; Luyten H.; Lichtendonk W.; Hamer R.; Van Vliet T.: An improved instrumental characterization of mechanical and acoustic properties of crispy cellular solid food. *Journal of Texture Studies* 2007; 38; 698-724

Christensen C. M.; Vickers Z.: Relationships of chewing sounds to judgments of food crispness. *Journal of Food Science*, 1981; 46: 574-578

Deutsche Gesellschaft für Qualitätsforschung (Hrsg.): Qualitätsaspekte von Obst und Gemüse. Vortragstagung. Ahrensberg, 1989

Deutsches Institut für Normung (Hrsg.): Sensorische Analyse- Prüfverfahren- Dreiecksprüfung: DIN ISO 4120. Berlin: Beuth Verlag, 2004

Drake B. K.; Food crushing sounds: An introductory study. *Journal of Food Science*, 1963; 28: 233-241

Elmadfa I.; Aign W.; Muskat E.; Fritzsche D.: Die große GU Nährwert Kalorien Tabelle. 2. Auflage. München: Gräfe und Unzer, 2008

Fillion L.; Kilcast D.: Consumer perception of crispness and crunchiness in fruits and vegetables. *Food Quality Preference*, 2002; 13: 23-29

Fliedner I.; Wilhelmi F.: Grundlagen und Prüfverfahren der Lebensmittelsensorik. 2. Auflage. Hamburg: Behr's Verlag, 1995

Heckl M.; Müller H.: Taschenbuch der Technischen Akustik. 2. Auflage. Berlin: Springer-Verlag, 1995

Herr H.; Bach E.; Maier U.: Technische Physik: Lehr- und Aufgabenbuch. 1. Auflage. Haan-Gruiten: Europa Lehrmittel, 1997

Liebster G.: Warenkunde Obst & Gemüse: Gemüse Band 2. 5. Auflage. Düsseldorf: Morion, 1995

- Marshall D. E.; Hopper A. W.; Baker L. R.; Helman D.: A method for measurement of carpal strength in cucumbers. *Trans. ASAE*, 1975; 18: 752-754
- Meilgaard M.; Civille G. V.; Carr B. T.: *Sensory Evaluations Techniques*. 3. Auflage. Boca Raton: CRC Press, 1999
- Meurer P.: Einfluss pflanzeigener Enzyme und anderer Faktoren auf die Textur fermentierter Gurken. Dissertation. Stuttgart, 1991
- Nieminen J.: *Exponent: PC Software*. Version 5,1,2,0: Stable Micro Systems, 1996
- Pichert H., Baier E.: Einsatz der Kramer-Scherpresse zur physikalischen Messung des Garzustandes am Beispiel Kartoffel. *ZFL* 1987; 8; 697-706
- Rosenthal A. J.: *Food Texture: Measurement and Perception*. 1. Auflage. Maryland: Aspen Publishers, Inc., 1999
- Sakurai N.; Iwatani S.; Terasaki S.; Yamamoto R.: Texture evaluation of cucumber by a new acoustic vibration method. *Journal of Japanese Society for Horticultural Science* 2005; 74; 31-35
- Schöne H.: *Standortplanung, Genehmigung und Betrieb umweltrelevanter Industrieanlagen*. 1. Auflage. Berlin: Springer Verlag, 2000
- Seidel J.: Integration einer akustischen Messung in die Texturanalyse von Kartoffelchips und Karotten. Bachelorarbeit Fachhochschule Neubrandenburg, 2010
- Stähle-Hamatschek S.; Bohrer B.; Buckenhüskes H.; Gierschner K.: Instrumentelle Texturmessung an Einlegegurken. *Industrielle Obst und Gemüseverwertung* 1985; 70; 303-309
- Szczesniak A.: Classification of Textural Characteristics. *General Foods Corporation* 1963; 385 - 389
- Stable Micro Systems (Hrsg.): *Acoustic Envelope Detector: User Guide*. 1. Aufl. Wien: Wino-pal, 2005
- Thompson R. L.; Fleming H. P.; Haman D. D.; Monroe R. J.: Method for Determination of firmness in cucumbers slices. *Journal of Texture Studies*, 1982; 13: 311-324
- Vickers Z. M.; Bourne M. C.: A psychoacoustical theory of crispness. *Journal of Food Science*, 1976; 41: 1158-1164

Weichmann J.: Grundlagen der Texturmessung an Einlegegurken. Industrielle Obst- und Gemüseverarbeitung 1997; 5: 156-158

Weichmann J.: Vergleichbarkeit verschiedener Methoden der Texturmessung an Einlegegurken. Industrielle Obst und Gemüseverarbeitung 1997; 6: 178-180

Zdunek A.; Konopacka D.; Jesionkowska K.: Crispness and crunchiness judgment of apples based on contact acoustic emission. Journal of Texture Studies 2010; 41; 75-91

Zdunek A.; Umeda M.: Influence of cell size and cell wall volume fraction on failure properties of potato and carrot tissue. Journal of Texture Studies 2005; 36: 25-43

## 8. Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen

### 8.1 Abbildungen

ABBILDUNG 1: FRUCHTGEWEBE EINER GURKENSCHNITTE (EISING, 2011).....	8
ABBILDUNG 2: FLIEßSCHEMA ESSIGGURKENHERSTELLUNG (MEURER, 1991) .....	9
ABBILDUNG 3: AUFBAU DES MENSCHLICHEN OHRS (HERR, 1997).....	10
ABBILDUNG 4: EINTEILUNG DER ESSIGGURKE IN SEGMENTE (KOSCHEMANN, 2011) .....	16
ABBILDUNG 5: PASTEURISATIONSBEREICHE IM GURKENGLAS (LINGEMANN, 2009) .....	16
ABBILDUNG 6: VERHÄLTNISS ZWISCHEN DER DICKE UND DEM DURCHMESSER EINER GURKEN- SCHNITTE (EISING, 2011).....	17
ABBILDUNG 7 UND 8: VERSUCHSAUFBAU DER INSTRUMENTELLEN UND AKUSTISCHEN MESSUNG .....	20
ABBILDUNG 9: BEISPIELGRAFIK EINER KRAFT-WEG-KURVE MIT AKUSTISCHEN SIGNALEN BEIM ZERBRECHEN EINER ESSIGGURKE .....	20
ABBILDUNG 10: ÄNDERUNG VON $F_{\text{MAX}}$ (KG) MIT UND OHNE BERÜCKSICHTIGUNG DES DURCHMESSERS VON PROBEN AUS UNTERSCHIEDLICHEN SEGMENTEN DER GURKENFRUCHT .....	25
ABBILDUNG 11: ÄNDERUNG DER STEIGUNG (KG/MM) MIT UND OHNE BERÜCKSICHTIGUNG DES DURCHMESSERS VON PROBEN AUS UNTERSCHIEDLICHEN SEGMENTEN DER GURKENFRUCHT .....	26
ABBILDUNG 12: ÄNDERUNG DES MAXIMALEN SCHALLDRUCKPEGELS (DB) MIT UND OHNE BERÜCKSICHTIGUNG DES DURCHMESSERS VON PROBEN AUS UNTERSCHIEDLICHEN SEGMENTEN DER GURKENFRUCHT .....	27
ABBILDUNG 13: ANZAHL DER SIGNIFIKANTEN AKUSTISCHEN PEAKS MIT UND OHNE BERÜCKSICHTIG- UNG DES DURCHMESSERS VON PROBEN AUS UNTERSCHIEDLICHEN SEGMENTEN DER GURKENFRUCHT .....	28
ABBILDUNG 14: GRAPHISCHE DARSTELLUNG DER KRAFT $F_{\text{MAX}}$ UND DER AKUSTISCHEN SIGNALE VON PROBEN AUS UNTERSCHIEDLICHEN SEGMENTEN DER GURKENFRUCHT .....	29
ABBILDUNG 15: ÄNDERUNG VON $F_{\text{MAX}}$ (KG) MIT UND OHNE BERÜCKSICHTIGUNG DES DURCH- MESSERS VON GURKEN AUS UNTERSCHIEDLICHEN BEREICHEN IM PASTEURISIERTEN GURKENGLAS .....	33
ABBILDUNG 16: ÄNDERUNG DER STEIGUNG (KG/MM) MIT UND OHNE BERÜCKSICHTIGUNG DES DURCHMESSERS VON GURKEN AUS UNTERSCHIEDLICHEN BEREICHEN IM PASTEURISIERTEN GURKENGLAS .....	34
ABBILDUNG 17: ÄNDERUNG DES MAXIMALEN SCHALLDRUCKPEGELS (DB) MIT UND OHNE BERÜCKSICHTIGUNG DES DURCHMESSERS VON GURKEN AUS UNTERSCHIEDLICHEN BEREICHEN IM PASTEURISIERTEN GURKENGLAS .....	35
ABBILDUNG 18: ÄNDERUNG DER SIGNIFIKANTEN AKUSTISCHEN PEAKS MIT UND OHNE BERÜCKSICHTIGUNG DES DURCHMESSERS VON GURKEN AUS UNTERSCHIEDLICHEN BEREICHEN DES GURKENGLASES.....	36

ABBILDUNG 19: GRAPHISCHE DARSTELLUNG DER KRAFT $F_{\text{MAX}}$ UND DER AKUSTISCHEN SIGNALE VON GURKEN AUS UNTERSCHIEDLICHEN BEREICHEN IM PASTEURISIERTEN GURKENGGLAS..	37
ABBILDUNG 20: $F_{\text{MAX}}$ (KG) OHNE BERÜCKSICHTIGUNG DES DURCHMESSERS VON GURKEN MIT UNTERSCHIEDLICHEN DURCHMESSERN (VERSUCHSREIHE 1) .....	41
ABBILDUNG 21: $F_{\text{MAX}}$ (KG/MM <sup>2</sup> ) MIT BERÜCKSICHTIGUNG DES DURCHMESSERS VON GURKEN MIT UNTERSCHIEDLICHEN DURCHMESSERN (VERSUCHSREIHE 1).....	41
ABBILDUNG 22: STEIGUNG (KG/MM) OHNE BERÜCKSICHTIGUNG DES DURCHMESSERS VON GURKEN MIT UNTERSCHIEDLICHEN DURCHMESSERN (VERSUCHSREIHE 1) .....	42
ABBILDUNG 23: STEIGUNG (KG/MM <sup>2</sup> ) MIT BERÜCKSICHTIGUNG DES DURCHMESSERS VON GURKEN MIT UNTERSCHIEDLICHEN DURCHMESSERN (VERSUCHSREIHE 1).....	42
ABBILDUNG 24: MAXIMALER SCHALLDRUCKPEGEL (DB) OHNE BERÜCKSICHTIGUNG DES DURCHMESSERS VON GURKEN MIT UNTERSCHIEDLICHEN DURCHMESSERN (VERSUCHSREIHE 1).....	43
ABBILDUNG 25: MAXIMALER SCHALLDRUCKPEGEL (DB/MM) MIT BERÜCKSICHTIGUNG DES DURCHMESSERS VON GURKEN MIT UNTERSCHIEDLICHEN DURCHMESSERN (VERSUCHSREIHE 1).....	43
ABBILDUNG 26: SIGNIFIKANTE AKUSTISCHE PEAKS OHNE BERÜCKSICHTIGUNG DES DURCHMESSERS VON GURKEN MIT VERSCHIEDENEN DURCHMESSERN (VERSUCHSREIHE 1) .....	44
ABBILDUNG 27: SIGNIFIKANTE AKUSTISCHE PEAKS (PEAKS/MM) MIT BERÜCKSICHTIGUNG DES DURCHMESSERS VON GURKEN MIT UNTERSCHIEDLICHEN DURCHMESSERN (VERSUCHSREIHE 1).....	44
ABBILDUNG 28: ÄNDERUNG VON $F_{\text{MAX}}$ (KG) MIT UND OHNE BERÜCKSICHTIGUNG DES DURCHMESSERS VON GURKEN MIT UNTERSCHIEDLICHEN DURCHMESSERN (2. VERSUCHSREIHE).....	47
ABBILDUNG 29: ÄNDERUNG DER STEIGUNG (KG/MM) MIT UND OHNE BERÜCKSICHTIGUNG DES DURCHMESSERS VON GURKEN MIT UNTERSCHIEDLICHEN DURCHMESSERN (2. VERSUCHSREIHE) .....	48
ABBILDUNG 30: ÄNDERUNG DES MAXIMALEN SCHALLDRUCKPEGELS (DB) MIT UND OHNE BERÜCKSICHTIGUNG DES DURCHMESSERS VON GURKEN MIT UNTERSCHIEDLICHEN DURCHMESSERN (2. VERSUCHSREIHE).....	49
ABBILDUNG 31: ÄNDERUNG DER SIGNIFIKANTEN AKUSTISCHEN PEAKS MIT UND OHNE BERÜCKSICHTIGUNG DES DURCHMESSERS VON GURKEN MIT UNTERSCHIEDLICHEN DURCHMESSERN (2. VERSUCHSREIHE).....	51



## 8.2 Tabellen

TABELLE 1: PRODUKTPARAMETER DES TEXTURE ANALYSERS.....	19
TABELLE 2: AUFLISTUNG DER SCHREIBWEISE BEI VERSCHIEDENEN SIGNIFIKANZNIVAU (BUSCH-STOCKFISCH (HRSG.), 2008) .....	22
TABELLE 3: $F_{\text{MAX}}$ (KG) MIT UND OHNE BERÜCKSICHTIGUNG DES DURCHMESSERS VON PROBEN AUS UNTERSCHIEDLICHEN SEGMENTEN DER GURKENFRUCHT .....	24
TABELLE 4: STEIGUNG (KG/MM) MIT UND OHNE BERÜCKSICHTIGUNG DES DURCHMESSERS VON PROBEN AUS UNTERSCHIEDLICHEN SEGMENTEN DER GURKENFRUCHT.....	25
TABELLE 5: MAXIMALER SCHALLDRUCKPEGEL (DB) MIT UND OHNE BERÜCKSICHTIGUNG DES DURCHMESSERS VON PROBEN AUS UNTERSCHIEDLICHEN SEGMENTEN DER GURKENFRUCHT.....	26
TABELLE 6: ANZAHL DER SIGNIFIKANTEN AKUSTISCHEN PEAKS MIT UND OHNE BERÜCKSICHTIGUNG DES DURCHMESSERS VON PROBEN AUS UNTERSCHIEDLICHEN SEGMENTEN DER GURKENFRUCHT .....	27
TABELLE 7: DARSTELLUNG DER PROBENSÄTZE MIT DEN VERWENDETEN PROBEN, PROBEN- ANORDNUNG UND DEN RICHTIG GEGEBENEN ANTWORTEN (VERSUCH: FRUCHTSEGMENTE: STIEL - MITTE - BLÜTE) .....	30
TABELLE 8: AUFLISTUNG DER SIGNIFIKANTEN UNTERSCHIEDE ZWISCHEN DEN EINZELNEN FRUCHTSEGMENTEN (VERSUCH: FRUCHTSEGMENTE: STIEL, MITTE, BLÜTE) .....	31
TABELLE 9: $F_{\text{MAX}}$ (KG) MIT UND OHNE BERÜCKSICHTIGUNG DES DURCHMESSERS VON GURKEN AUS UNTERSCHIEDLICHEN BEREICHEN IM PASTEURISIERTEN GURKENGLAS .....	32
TABELLE 10: STEIGUNG (KG/MM) MIT UND OHNE BERÜCKSICHTIGUNG DES DURCHMESSERS VON GURKEN AUS UNTERSCHIEDLICHEN BEREICHEN IM PASTEURISIERTEN GURKENGLAS.....	33
TABELLE 11: MAXIMALER SCHALLDRUCKPEGEL (DB) MIT UND OHNE BERÜCKSICHTIGUNG DES DURCHMESSERS VON GURKEN AUS UNTERSCHIEDLICHEN BEREICHEN IM PASTEURISIERTEN GURKENGLAS .....	34
TABELLE 12: ANZAHL DER SIGNIFIKANTEN AKUSTISCHEN PEAKS MIT UND OHNE BERÜCKSICHTIGUNG DES DURCHMESSERS VON GURKEN AUS UNTERSCHIEDLICHEN BEREICHEN IM PASTEURISIERTEN GURKENGLAS .....	36
TABELLE 13: DARSTELLUNG DER PROBENSÄTZE MIT DEN VERWENDETEN PROBEN, PROBEN- ANORDNUNG UND DEN RICHTIG GEGEBENEN ANTWORTEN (VERSUCH: PASTEURISATIONSBEREICHE) .....	38
TABELLE 14: AUFLISTUNG DER SIGNIFIKANTEN UNTERSCHIEDE ZWISCHEN DEN EINZELNEN FRUCHTSEGMENTEN (VERSUCH: PASTEURISATIONSBEREICHE) .....	39
TABELLE 15: DARSTELLUNG DER PROBENSÄTZE MIT DEN VERWENDETEN PROBEN, PROBEN- ANORDNUNG UND DEN RICHTIG GEGEBENEN ANTWORTEN (VERSUCH: GURKEN MIT VERSCHIEDENEN DURCHMESSERN) .....	45

TABELLE 16: $F_{\text{MAX}}$ (KG) MIT UND OHNE BERÜCKSICHTIGUNG DES DURCHMESSERS VON GURKEN MIT UNTERSCHIEDLICHEN DURCHMESSERN (2. VERSUCHSREIHE) .....	46
TABELLE 17: STEIGUNG (KG/MM) MIT UND OHNE BERÜCKSICHTIGUNG DES DURCHMESSERS VON GURKEN MIT UNTERSCHIEDLICHEN DURCHMESSERN (2. VERSUCHSREIHE) .....	47
TABELLE 18: MAXIMALER SCHALLDRUCKPEGEL (DB) MIT UND OHNE BERÜCKSICHTIGUNG DES DURCHMESSERS VON GURKEN MIT UNTERSCHIEDLICHEN DURCHMESSERN (2. VERSUCHSREIHE) .....	49
TABELLE 19: ANZAHL DER SIGNIFIKANTEN AKUSTISCHEN PEAKS MIT UND OHNE BERÜCKSICHTIGUNG DES DURCHMESSERS VON GURKEN MIT UNTERSCHIEDLICHEN DURCHMESSERN (2. VERSUCHSREIHE).....	50
TABELLE 20: AUFLISTUNG DER SIGNIFIKANTEN UNTERSCHIEDE ZWISCHEN GURKEN MIT VERSCHIEDENEN DURCHMESSERN (2. VERSUCHSREIHE).....	52

## 9. Formelverzeichnis

FORMEL 1: SCHALLDRUCKPEGEL $L_p$ .....	10
FORMEL 2: MITTELWERT $\bar{x}$ .....	23
FORMEL 3: STANDARDABWEICHUNG $\sigma$ .....	23
FORMEL 4: VARIATIONSKOEFFIZIENT $V_x$ .....	23
FORMEL 5: PRÜFZAHL $T$ .....	23
FORMEL 6: FREIHEITSGRADE $M$ .....	23

## 10. Verzeichnis der Anlagen

ANLAGE 1: BEISPIELFORMULAR DER SENSORISCHEN BEURTEILUNG.....	69
ANLAGE 2: MINDESTTEILNEHMERZAHL BEIM TRIANGELTEST.....	70
ANLAGE 3: SIGNIFIKANZTABELLE - ERWEITERTE DREIECKSPRÜFUNG.....	71
ANLAGE 4: T- TEST NACH GOSSET; QUANTILE DER T- VERTEILUNG.....	72
ANLAGE 5: ANZAHL DER SIGNIFIKANTEN, AKUSTISCHEN PEAKS DER STICHPROBEN UND ERMITTLUNG DES MITTELWERTS, STANDARDABWEICHUNG UND VARIATIONSKOEFFIZIENTEN (VERSUCH: STIEL- BIS BLÜTENENDE).....	73
ANLAGE 6: ANZAHL DER SIGNIFIKANTEN, AKUSTISCHEN PEAKS DER STICHPROBEN UND ERMITTLUNG DES MITTELWERTS, STANDARDABWEICHUNG UND VARIATIONSKOEFFIZIENTEN (VERSUCH: PASTEURISIERTES GURKENGALS).....	73
ANLAGE 7: ANZAHL DER SIGNIFIKANTEN, AKUSTISCHEN PEAKS DER STICHPROBEN UND ERMITTLUNG DES MITTELWERTS, STANDARDABWEICHUNG UND VARIATIONSKOEFFIZIENTEN (VERSUCH: GURKENSCHNITTEN MIT VERSCHIEDENEN DURCHMESSERN).....	73
ANLAGE 8: ERMITTLUNG DES SIGNIFIKANTEN UNTERSCHIEDS MITTELS T-TEST NACH GOSSET (VERSUCH: STIEL; MITTE; BLÜTE).....	74
ANLAGE 9: ERMITTLUNG DES SIGNIFIKANTEN UNTERSCHIEDS MITTELS T-TEST NACH GOSSET (VERSUCH: PASTEURISIERTES GURKENGLAS).....	75
ANLAGE 10: ERMITTLUNG DES SIGNIFIKANTEN UNTERSCHIEDS MITTELS T-TEST NACH GOSSET (2. VERSUCHSREIHE LÄNGEN-DICKEN-VERHÄLTNIS).....	76
ANLAGE 11: DARSTELLUNG DER GURKENSCHNITTEN MIT VERSCHIEDENEN DURCHMESSERN MIT ALLEN RELEVANTEN PARAMETERN (OHNE DURCH- MESSERBEZUG).....	77
ANLAGE 12: DARSTELLUNG DER STANDARDABWEICHUNG UND DER VARIATIONSKOEFFIZIENTEN DER GURKENSCHNITTEN MIT VERSCHIEDENEN DURCHMESSERN (OHNE DURCHMESSERBEZUG).....	78
ANLAGE 13: DARSTELLUNG DER GURKENSCHNITTEN MIT VERSCHIEDENEN DURCHMESSERN MIT ALLEN RELEVANTEN PARAMETERN (MIT DURCH- MESSERBEZUG).....	79
ANLAGE 14: DARSTELLUNG DER STANDARDABWEICHUNG UND DER VARIATIONSKOEFFIZIENTEN DER GURKENSCHNITTEN MIT VERSCHIEDENEN DURCHMESSERN (MIT DURCHMESSERBEZUG).....	80
ANLAGE 15: DARSTELLUNG DER AKUSTISCHEN UND INSTRUMENTELLEN MESSUNG DER GURKENSCHNITTEN - BLÜTE.....	81

ANLAGE 16: DARSTELLUNG DER AKUSTISCHEN UND INSTRUMENTELLEN MESSUNG DER GURKENSCHNITTEN - MITTE.....	82
ANLAGE 17: DARSTELLUNG DER AKUSTISCHEN UND INSTRUMENTELLEN MESSUNG DER GURKENSCHNITTEN - STIEL.....	83
ANLAGE 18: DARSTELLUNG DER AKUSTISCHEN UND INSTRUMENTELLEN MESSUNG DER GURKEN IM PAST. GURKENGLAS - UNTEN.....	84
ANLAGE 19: DARSTELLUNG DER AKUSTISCHEN UND INSTRUMENTELLEN MESSUNG DER GURKEN IM PAST. GURKENGLAS - MITTE.....	85
ANLAGE 20: DARSTELLUNG DER AKUSTISCHEN UND INSTRUMENTELLEN MESSUNG DER GURKEN IM PAST. GURKENGLAS - OBEN.....	86
ANLAGE 21: DARSTELLUNG DER AKUSTISCHEN UND INSTRUMENTELLEN MESSUNG DER GURKEN MIT VERSCHIEDENEN DURCHMESSER IM INTERVALL 20-23 MM.....	87
ANLAGE 22: DARSTELLUNG DER AKUSTISCHEN UND INSTRUMENTELLEN MESSUNG DER GURKEN MIT VERSCHIEDENEN DURCHMESSER IM INTERVALL 24-27 MM.....	88
ANLAGE 23: DARSTELLUNG DER AKUSTISCHEN UND INSTRUMENTELLEN MESSUNG DER GURKEN MIT VERSCHIEDENEN DURCHMESSER IM INTERVALL 28-31 MM.....	89
ANLAGE 24: DARSTELLUNG DER AKUSTISCHEN UND INSTRUMENTELLEN MESSUNG DER GURKEN MIT VERSCHIEDENEN DURCHMESSER IM INTERVALL 32-35 MM.....	90

## 11. Anhang

Anlage 1: Beispielformular der sensorischen Beurteilung

**Thema:** Knackigkeit von Gewürzgurken (Stiel, Mitte, Blüte)

**Prüfverfahren:** erweiterte Dreiecksprüfung

**Prüfer - Nr.:** (nicht ausfüllen)

**Prüfgut:** Gewürzgurke (Firma Kühne)

**Prüfmerkmal:** Knackigkeit (Textur)

**Datum:** 5.12.2011

### Prüfanleitung:

Es werden 4 Probensätze mit jeweils 3 Proben gereicht.

2 Proben sind identisch und eine ist abweichend.

Die Gurkenscheibe ist flach mit den Schneidezähnen zu zerbeißen.

Die Prüffragen sind zu beachten.

*bitte Ausfüllen (wichtig für spätere Auswertung)*

**Studiengang:** \_\_\_\_\_

**Alter:** \_\_\_\_\_

**Geschlecht:** \_\_\_\_\_

**Welche Probe ist die abweichende Probe? Welche bevorzugen Sie?**

Proben- satznr.	Probensatz	abweichende Probe	Bevorzugung	Warum Bevor- zugung
1	047/ 767/ 318		Einzelprobe____ Doppelprobe____	
2	832/ 853/ 206		Einzelprobe____ Doppelprobe____	
3	210/ 315/ 324		Einzelprobe____ Doppelprobe____	
4	171/ 838/ 202		Einzelprobe____ Doppelprobe____	

Vielen Dank für eure Teilnahme!

## Anlage 2: Mindestteilnehmerzahl beim Triangeltest

**TABLE T7**  
**Minimum Number of Assessments in a Triangle Test**  
 (Entries are  $n_{\alpha, \beta, p_d}$ )

Entries are the sample sizes ( $n$ ) required in a Triangle test to deliver sensitivity defined by the values chosen for  $\alpha$ ,  $\beta$ , and  $p_d$ . Enter the table in the section corresponding to the chosen value of  $p_d$  and the row corresponding to the chosen value of  $\alpha$ . Read the required sample size,  $n$ , from the column corresponding to the chosen value of  $\beta$ .

$\alpha$		$\beta$							
		0.50	0.40	0.30	0.20	0.10	0.05	0.01	0.001
	$p_d = 50\%$								
0.40		3	3	3	6	8	9	15	26
0.30		3	3	3	7	8	11	19	30
0.20		4	6	7	7	12	16	25	36
0.10		7	8	8	12	15	20	30	43
0.05		7	9	11	16	20	23	35	48
0.01		13	15	19	25	30	35	47	62
0.001		22	26	30	36	43	48	62	81
	$p_d = 40\%$								
0.40		3	3	6	6	9	15	26	41
0.30		3	3	7	8	11	19	30	47
0.20		6	7	7	12	17	25	36	55
0.10		8	10	15	17	25	30	46	67
0.05		11	15	16	23	30	40	57	79
0.01		21	26	30	35	47	56	76	102
0.001		36	39	48	55	68	76	102	130
	$p_d = 30\%$								
0.40		3	6	6	9	15	26	44	73
0.30		3	8	8	16	22	30	53	84
0.20		7	12	17	20	28	39	64	97
0.10		15	15	20	30	43	54	81	119
0.05		16	23	30	40	53	66	98	136
0.01		33	40	52	62	82	97	131	181
0.001		61	69	81	93	120	138	181	233
	$p_d = 20\%$								
0.40		6	9	12	18	35	50	94	153
0.30		8	11	19	30	47	67	116	183
0.20		12	20	28	39	64	86	140	212
0.10		25	33	46	62	89	119	178	260
0.05		40	48	66	87	117	147	213	305
0.01		72	92	110	136	176	211	292	397
0.001		130	148	176	207	257	302	396	513
	$p_d = 10\%$								
0.40		9	18	38	70	132	197	360	598
0.30		19	36	64	102	180	256	430	690
0.20		39	64	103	149	238	325	539	819
0.10		89	125	175	240	348	457	683	1011
0.05		144	191	249	325	447	572	828	1178
0.01		284	350	425	525	680	824	1132	1539
0.001		494	579	681	803	996	1165	1530	1992

## Anlage 3: Signifikanztabelle - erweiterte Dreiecksprüfung

**TABLE T8**  
**Critical Number of Correct Responses in a Triangle Test**  
**(Entries are  $x_{\alpha,n}$ )**

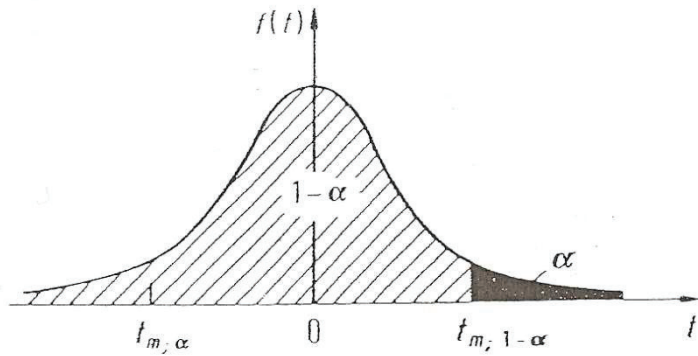
Entries are the minimum number of correct responses required for significance at the stated  $\alpha$ -level (i.e., column) for the corresponding number of respondents,  $n$  (i.e., row). Reject the assumption of "no difference" if the number of correct responses is greater than or equal to the tabled value.

$n$	$\alpha$							$n$	$\alpha$						
	0.40	0.30	0.20	0.10	0.05	0.01	0.001		0.40	0.30	0.20	0.10	0.05	0.01	0.001
3	2	2	3	3	3	—	—	31	12	13	14	15	16	18	20
4	3	3	3	4	4	—	—	32	12	13	14	15	16	18	20
5	3	3	4	4	4	5	—	33	13	13	14	15	17	18	21
6	3	4	4	5	5	6	—	34	13	14	15	16	17	19	21
7	4	4	4	5	5	6	7	35	13	14	15	16	17	19	22
8	4	4	5	5	6	7	8	36	14	14	15	17	18	20	22
9	4	5	5	6	6	7	8	42	16	17	18	19	20	22	25
10	5	5	6	6	7	8	9	48	18	19	20	21	22	25	27
11	5	5	6	7	7	8	10	54	20	21	22	23	25	27	30
12	5	6	6	7	8	9	10	60	22	23	24	26	27	30	33
13	6	6	7	8	8	9	11	66	24	25	26	28	29	32	35
14	6	7	7	8	9	10	11	72	26	27	28	30	32	34	38
15	6	7	8	8	9	10	12	78	28	29	30	32	34	37	40
16	7	7	8	9	9	11	12	84	30	31	33	35	36	39	43
17	7	8	8	9	10	11	13	90	32	33	35	37	38	42	45
18	7	8	9	10	10	12	13	96	34	35	37	39	41	44	48
19	8	8	9	10	11	12	14	102	36	37	39	41	43	46	50
20	8	9	9	10	11	13	14	108	38	40	41	43	45	49	53
21	8	9	10	11	12	13	15	114	40	42	43	45	47	51	55
22	9	9	10	11	12	14	15	120	42	44	45	48	50	53	57
23	9	10	11	12	12	14	16	126	44	46	47	50	52	56	60
24	10	10	11	12	13	15	16	132	46	48	50	52	54	58	62
25	10	11	11	12	13	15	17	138	48	50	52	54	56	60	64
26	10	11	12	13	14	15	17	144	50	52	54	56	58	62	67
27	11	11	12	13	14	16	18	150	52	54	56	58	61	65	69
28	11	12	12	14	15	16	18	156	54	56	58	61	63	67	72
29	11	12	13	14	15	17	19	162	56	58	60	63	65	69	74
30	12	12	13	14	15	17	19	168	58	60	62	65	67	71	76
								174	61	62	64	67	69	74	79
								180	63	64	66	69	71	76	81

Note: For values of  $n$  not in the table, compute  $z = (k - 1(1/3)n) / \sqrt{(2/9)n}$ , where  $k$  is the number of correct responses. Compare the value of  $z$  to the  $\alpha$ -critical value of a standard normal variable, i.e., the values in the last row of Table T3 ( $z_\alpha = t_{\alpha,\infty}$ ).

## Anlage 4: t- Test nach Gosset; Quantile der t-Verteilung

Tabelle 39-5. Quantile der t-Verteilung



$m$  = Anzahl der Freiheitsgrade

$$t_{m, \alpha} = -t_{m, 1-\alpha}$$

$$t_{\infty, \alpha} = z_{\alpha}$$

$m$	$t_{0,90}$	$t_{0,95}$	$t_{0,975}$	$t_{0,99}$	$t_{0,995}$
1	3,078	6,314	12,71	31,82	63,66
2	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925
3	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841
4	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604
5	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032
6	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707
7	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499
8	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355
9	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250
10	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169
11	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106
12	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055
13	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012
14	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977
15	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947
16	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921
17	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898
18	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878
19	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861
20	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845
25	1,316	1,708	2,060	2,485	2,787
30	1,310	1,697	2,042	2,457	2,750
35	1,306	1,690	2,030	2,438	2,724
40	1,303	1,684	2,021	2,423	2,704
45	1,301	1,679	2,014	2,412	2,690
50	1,299	1,676	2,009	2,403	2,678
100	1,290	1,660	1,984	2,364	2,626
200	1,286	1,653	1,972	2,345	2,601
500	1,283	1,648	1,965	2,334	2,586



Anlage 5: Anzahl der signifikanten, akustischen Peaks der Stichproben und Ermittlung des Mittelwerts, Standardabweichung und Variationskoeffizienten (Versuch: Stiel- bis Blütenende)

n	1	2	3	4	5	$\bar{x}$	s	$V_x$ in %
Stielende	19	16	19	35	8	19,4	9,8133	50,5838
Mitte	0	0	0	7	11	3,6	5,1284	142,4542
Blütenende	5	6	2	33	0	9,2	13,5167	146,9202

Anlage 6: Anzahl der signifikanten, akustischen Peaks der Stichproben und Ermittlung des Mittelwerts, Standardabweichung und Variationskoeffizienten (Versuch: pasteurisiertes Gurkenglas)

n	1	2	3	4	$\bar{x}$	s	$V_x$ in %
oberer Bereich	0	5	3	1	2,25	2,2174	98,5491
mittlerer Bereich	3	4	3	3	3,25	0,5	15,3846
unterer Bereich	0	4	17	8	7,25	7,2744	100,3363

Anlage 7: Anzahl der signifikanten, akustischen Peaks der Stichproben und Ermittlung des Mittelwerts, Standardabweichung und Variationskoeffizienten (Versuch: Gurkenskeiben mit verschiedenen Durchmessern)

n	1	2	3	4	5	6	$\bar{x}$	s	$V_x$ in %
geringerer Durchmesser	1	0	0	0	0	0	0,1667	0,3944	236,65
größerer Durchmesser	0	3	8	0	12	3	4,3333	4,7611	110,7231

## Anlage 8: Ermittlung des signifikanten Unterschieds mittels t-Test nach Gosset (Versuch:

Stielende, Mitte, Blütenende)

Parameter	Probe	MW 1	Stabw. 1	MW 2	Stabw. 2	Prüfzahl t	Freiheitsgrade m	P (0,90; 8)	Feststellung
Kraft $F_{\max}$ ohne D.	Stielende u. Blütenende	6,64	2,008	3,99	1,234	2,514	8	1,397	signifikanter Unterschied
Kraft $F_{\max}$ ohne D.	Stielende u. Mitte	6,64	2,008	5,28	1,238	1,289	8	1,397	kein signifikanter Unterschied
Kraft $F_{\max}$ ohne D.	Mitte u. Blütenende	5,28	1,238	3,99	1,234	1,65	8	1,397	signifikanter Unterschied
Kraft $F_{\max}$ mit D.	Stielende u. Blütenende	0,3	0,075	0,20	0,072	2,151	8	1,397	signifikanter Unterschied
Kraft $F_{\max}$ mit D.	Stielende u. Mitte	0,3	0,075	0,23	0,054	1,694	8	1,397	signifikanter Unterschied
Kraft $F_{\max}$ mit D.	Mittel u. Blütenende	0,23	0,054	0,20	0,072	0,745	8	1,397	kein signifikanter Unterschied
Steigung ohne D.	Stielende u. Blütenende	1,115	0,255	0,783	0,251	2,075	8	1,397	signifikanter Unterschied
Steigung ohne D.	Stielende u. Mitte	1,115	0,255	0,900	0,167	1,577	8	1,397	signifikanter Unterschied
Steigung ohne D.	Mitte u. Blütenende	0,900	0,167	0,783	0,251	0,868	8	1,397	kein signifikanter Unterschied
Steigung mit D.	Stielende u. Blütenende	0,0514	0,0128	0,0386	0,0153	1,434 8	8	1,397	signifikanter Unterschied
Steigung mit D.	Stielende u. Mitte	0,0514	0,0128	0,0394	0,0100	1,651 9	8	1,397	signifikanter Unterschied
Steigung mit D.	Mitte u. Blütenende	0,0394	0,0100	0,0386	0,0153	0,097 9	8	1,397	kein signifikanter Unterschied
Schalldruckpegel ohne D.	Stielende u. Blütenende	83,006	13,829	74,301	4,424	1,341	8	1,397	kein signifikanter Unterschied
Schalldruckpegel ohne D.	Stielende u. Mitte	83,006	13,829	73,101	4,796	1,513	8	1,397	signifikanter Unterschied
Schalldruckpegel ohne D.	Mitte u. Blütenende	73,101	4,796	74,301	4,424	0,411	8	1,397	kein signifikanter Unterschied
Schalldruckpegel mit D.	Stielende u. Blütenende	3,810	0,518	3,610	0,491	0,627	8	1,397	kein signifikanter Unterschied
Schalldruckpegel mit D.	Stielende u. Mitte	3,810	0,518	3,160	0,275	2,478	8	1,397	signifikanter Unterschied
Schalldruckpegel mit D.	Mitte u. Blütenende	3,160	0,275	3,610	0,491	1,788	8	1,397	kein signifikanter Unterschied
Anzahl d. Peaks ohne D.	Stielende u. Blütenende	19,400	9,813	9,200	13,517	1,365	8	1,397	kein signifikanter Unterschied
Anzahl d. Peaks ohne D.	Stielende u. Mitte	19,400	9,813	3,600	5,128	3,191	8	1,397	signifikanter Unterschied
Anzahl d. Peaks ohne D.	Mitte u. Blütenende	3,600	5,128	9,200	13,517	0,866	8	1,397	kein signifikanter Unterschied
Anzahl d. Peaks mit D.	Stielende u. Blütenende	0,900	5,11	0,440	0,642	1,254	8	1,397	kein signifikanter Unterschied
Anzahl d. Peaks mit D.	Stielende u. Mitte	0,900	0,511	0,170	0,247	2,876	8	1,397	signifikanter Unterschied
Anzahl d. Peaks mit D.	Mitte u. Blütenende	0,170	0,247	0,440	0,642	0,878	8	1,397	kein signifikanter Unterschied

## Anlage 9: Ermittlung des signifikanten Unterschied mittels t-Test nach Gosset (Versuch:

## pasteurisiertes Gurkenglas)

Parameter	Probe	MW 1	Stabw. 1	MW 2	Stabw. 2	Prüfzahl t	Freiheitsgrade m	P (0,90;6)	Feststellung
Kraft $F_{\max}$ ohne D.	oberer B. u. unterer B.	3,390	0,654	5,887	1,795	2,614	6	1,440	signifikanter Unterschied
Kraft $F_{\max}$ ohne D.	oberer B. u. mittlerer B.	3,390	0,654	5,262	0,922	3,312	6	1,440	signifikanter Unterschied
Kraft $F_{\max}$ ohne D.	mittlerer B. u. unterer B.	5,262	0,922	5,887	1,795	0,619	6	1,440	kein signifikanter Unterschied
Kraft $F_{\max}$ mit D.	oberer B. u. unterer B.	0,144	0,028	0,241	0,066	2,706	6	1,440	signifikanter Unterschied
Kraft $F_{\max}$ mit D.	oberer B. u. mittlerer B.	0,144	0,028	0,21	0,045	2,491	6	1,440	signifikanter Unterschied
Kraft $F_{\max}$ mit D.	mittlerer B. u. unterer B.	0,210	0,045	0,241	0,066	0,776	6	1,440	kein signifikanter Unterschied
Steigung ohne D.	oberer B. u. unterer B.	0,830	0,065	1,007	0,111	2,752	6	1,440	signifikanter Unterschied
Steigung ohne D.	oberer B. u. mittlerer B.	0,830	0,065	0,990	0,095	2,780	6	1,440	signifikanter Unterschied
Steigung ohne D.	mittlerer B. u. unterer B.	0,990	0,095	1,007	0,111	0,233	6	1,440	kein signifikanter Unterschied
Steigung mit D.	oberer B. u. unterer B.	0,0354	0,0035	0,0417	0,0063	1,7480	6	1,440	signifikanter Unterschied
Steigung mit D.	oberer B. u. mittlerer B.	0,0354	0,0035	0,0394	0,0054	1,243	6	1,440	keinsignifikanter Unterschied
Steigung mit D.	mittlerer B. u. unterer B.	0,0394	0,0054	0,0417	0,0063	0,5540	6	1,440	kein signifikanter Unterschied
Schalldruckpegel ohne D.	oberer B. u. unterer B.	69,952	1,408	82,317	9,777	2,504	6	1,440	signifikanter Unterschied
Schalldruckpegel ohne D.	oberer B. u. mittlerer B.	69,952	1,408	77,650	2,584	5,232	6	1,440	signifikanter Unterschied
Schalldruckpegel ohne D.	mittlerer B. u. unterer B.	77,650	2,584	82,317	9,777	0,461	6	1,440	kein signifikanter Unterschied
Schalldruckpegel mit D.	oberer B. u. unterer B.	2,977	0,033	3,387	0,276	2,951	6	1,440	signifikanter Unterschied
Schalldruckpegel mit D.	oberer B. u. mittlerer B.	2,977	0,033	3,081	0,153	1,326	6	1,440	kein signifikanter Unterschied
Schalldruckpegel mit D.	mittlerer B. u. unterer B.	3,081	0,153	3,387	0,276	1,938	6	1,440	signifikanter Unterschied
Anzahl d. Peaks ohne D.	oberer B. u. unterer B.	2,250	2,217	7,250	7,274	1,315	6	1,440	kein signifikanter Unterschied
Anzahl d. Peaks ohne D.	oberer B. u. mittlerer B.	2,250	2,217	3,250	0,500	0,880	6	1,440	kein signifikanter Unterschied
Anzahl d. Peaks ohne D.	mittlerer B. u. unterer B.	3,250	0,500	7,250	7,274	1,097	6	1,440	kein signifikanter Unterschied
Anzahl d. Peaks mit D.	oberer B. u. unterer B.	0,095	0,093	0,297	0,289	1,331	6	1,440	kein signifikanter Unterschied
Anzahl d. Peaks mit D.	oberer B. u. mittlerer B.	0,095	0,093	0,129	0,018	0,707	6	1,440	kein signifikanter Unterschied
Anzahl d. Peaks mit D.	mittlerer B. u. unterer B.	0,129	0,018	0,297	0,289	1,164	6	1,440	signifikanter Unterschied

## Anlage 10: Ermittlung des signifikanten Unterschieds mittels t-Test nach Gosset (2. Versuchsreihe

## Längen-Dicken Verhältnis)

Parameter	Probe	MW 1	Stabw. 1	MW 2	Stabw. 2	Prüf- zahl t	Freiheits- grade m	P (0,90;38)	Feststellung
Kraft $F_{\max}$ mit D.	I 20-23mm u. 32-35mm	0,274	0,043	0,265	0,044	0,654	38	1,303	kein signifikanter Unterschied
Kraft $F_{\max}$ mit D.	I 20-23mm u. 28-31mm	0,274	0,043	0,297	0,047	1,615	38	1,303	signifikanter Unterschied
Kraft $F_{\max}$ mit D.	I 20-23mm u. 24-27mm	0,274	0,043	0,292	0,040	1,371	38	1,303	signifikanter Unterschied
Kraft $F_{\max}$ mit D.	I 24-27mm u. 32-35mm	0,292	0,040	0,262	0,044	2,256	38	1,303	signifikanter Unterschied
Kraft $F_{\max}$ mit D.	I 24-27mm u. 28-31mm	0,292	0,040	0,297	0,047	0,362	38	1,303	kein signifikanter Unterschied
Kraft $F_{\max}$ mit D.	I 28-31mm u. 32-35mm	0,297	0,047	0,265	0,245	0,574	38	1,303	kein signifikanter Unterschied
Steigung mit D.	I 20-23mm u. 32-35mm	0,065 4	0,0097	0,046 0	0,0131	5,3230	38	1,303	signifikanter Unterschied
Steigung mit D.	I 20-23mm u. 28-31mm	0,065 4	0,0097	0,052 1	0,0107	4,1180	38	1,303	signifikanter Unterschied
Steigung mit D.	I 20-23mm u. 24-27mm	0,065 4	0,0097	0,059	0,0081	2,265	38	1,303	signifikanter Unterschied
Steigung mit D.	I 24-27mm u. 32-35mm	0,059	0,008	0,046	0,013	3,775	38	1,303	signifikanter Unterschied
Steigung mit D.	I 24-27mm u. 28-31mm	0,059	0,008	0,052	0,011	2,299	38	1,303	signifikanter Unterschied
Steigung mit D.	I 28-31mm u. 32-35mm	0,052 1	0,0107	0,046 0	0,0131	1,6130	38	1,303	signifikanter Unterschied
Schall- druck-pegel mit D.	I 20-23mm u. 32-35mm	3,769	0,334	2,780	0,203	11,316	38	1,303	signifikanter Unterschied
Schall- druck-pegel mit D.	I 20-23mm u. 28-31mm	3,769	0,334	3,117	0,170	7,78	38	1,303	signifikanter Unterschied
Schall- druck-pegel mit D.	I 20-23mm u. 24-27mm	3,769	0,334	3,456	0,179	3,694	38	1,303	signifikanter Unterschied
Schall- druck-pegel mit D.	I 24-27mm u. 32-35mm	3,456	0,179	2,780	0,203	11,170	38	1,303	signifikanter Unterschied
Schall- druck-pegel mit D.	I 24,27mm u. 28-31mm	3,456	0,179	3,117	0,170	1,303	38	1,303	signifikanter Unterschied
Schall- druck-pegel mit D.	I 28-31mm u. 32-35mm	3,117	0,170	2,780	0,203	5,692	38	1,303	signifikanter Unterschied
Anzahl d. Peaks mit D.	I 20-23mm u. 32-35mm	1,960	2,580	1,330	1,750	0,904	38	1,303	signifikanter Unterschied
Anzahl d. Peaks mit D.	I 20-23mm u. 28-31mm	1,960	2,580	1,440	1,760	0,745	38	1,303	signifikanter Unterschied
Anzahl d. Peaks mit D.	I 20-23mm u. 24-27mm	1,960	2,580	1,020	0,427	1,608	38	1,303	signifikanter Unterschied
Anzahl d. Peaks mit D.	I 24-27mm u. 32-35mm	1,020	0,427	1,330	1,750	0,770	38	1,303	kein signifikanter Unterschied
Anzahl d. Peaks mit D.	I 24-27mm u. 28-31mm	1,020	0,427	1,440	1,760	1,037	38	1,303	kein signifikanter Unterschied
Anzahl d. Peaks mit D.	I 20-23mm u. 32-35mm	1,440	1,760	1,330	1,750	0,198	38	1,303	signifikanter Unterschied

Anlage 11: Darstellung der Gurkenscheiben mit den verschiedenen Durchmessern mit allen relevanten Parametern (ohne Durchmesserbezug)

Durchmesser in mm	Art	Mittelwert							
		Kraft (kg)	Steigung (kg/mm)	Schall-druck (dB)	Anzahl der Peaks	Kraft	Steigung	Schall-druck-pegel	Anzahl der Peaks
29	Verhältnis dick 1	4,352	0,764	63,544	0	4,352	0,764	63,544	0
28	Verhältnis dick 4	5,674	0,8	60,132	0	6,419	0,960	73,098	6
28	Verhältnis dick 5	7,164	1,12	86,064	12				
27	Verhältnis dick 2	5,363	0,656	85,306	3	6,446	1,006	85,027	4,6667
27	Verhältnis dick 3	7,113	1,277	94,817	8				
27	Verhältnis dick 6	6,861	1,084	74,957	3				
26	Gurke Past. Mitte 2	6,032	0,986	80,498	4	5,022	0,967	78,410	3,3334
26	Gurke Past. Mitte 3	4,925	1,057	75,552	3				
26	Gurke Past. Mitte 4	4,11	0,857	79,179	3				
25	Gurke Past. Unten 1	6,279	0,94	91,312	0	6,041	0,835	83,243	3,6667
25	Scheibe Mitte 4	3,598	0,666	70,078	7				
25	Gurke Past. Unten 2	8,245	0,9	88,339	4				
24	Gurke Past. Unten 3	4,22	1,041	80,141	17	5,208	0,920	75,277	6,4286
24	Scheibe Mitte 2	6,912	1,016	79,877	0				
24	Scheibe Mitte 3	5,25	0,784	70,561	0				
24	Scheibe Stiel 3	8,124	1,114	78,973	19				
24	Gurke Oben 2	4,166	0,813	71,24	5				
24	Gurke Oben 3	2,573	0,753	70,869	3				
23	Gurke Oben 4	3,33	0,846	69,565	1				
23	Gurke Past. Unten 4	4,805	1,147	69,477	8	4,946	0,963	76,572	4,5714
23	Gurke Past. Mitte 1	5,98	1,058	75,373	3				
23	Scheibe Mitte 1	5,903	0,981	76,352	0				
23	Scheibe Blüte 1	1,933	0,497	69,565	5				
23	Scheibe Stiel 2	9,177	1,305	107,534	16				
23	Gurke Past. Oben 1	3,491	0,909	68,135	0				
22	Scheibe Blüte 5	3,936	0,762	70,869	0	3,936	0,762	70,869	0
21	Scheibe Blüte 4	4,356	0,581	76,59	33	4,865	0,774	76,897	20
21	Scheibe Stiel 1	6,103	0,952	78,162	19				
21	Scheibe Stiel 5	4,136	0,789	75,94	8				
20	Verhältnis dünn 5	3,893	1,176	64,058	0	4,259	1,048	67,823	9,2
20	Verhältnis dünn 6	3,761	0,916	64,543	0				
20	Scheibe Mitte 5	4,783	1,052	68,638	11				
20	Verhältnis dünn 7	3,178	0,679	67,454	0				
20	Scheibe Stiel 4	5,678	1,416	74,422	35				
19	Verhältnis dünn 3	1,463	0,688	62,809	0	3,737	0,921	72,430	2,6667
19	Scheibe Blüte 2	4,591	1,041	80,523	6				
19	Scheibe Blüte 3	5,156	1,033	73,957	2				
18	Verhältnis dünn 4	1,7	1,03	64,058	0	1,700	1,030	64,058	0
15	Verhältnis dünn 2	3,232	1,176	67,999	1	3,232	1,176	67,999	1



Anlage 13 : Darstellung der Gurkenseiben mit den verschiedenen Durchmessern mit allen relevanten Parametern (mit Durchmesserbezug)

Durchmesser in mm	Art	Kraft (kg/mm)	Steigung (kg/mm pro mm)	Schalldruckpegel (dB/mm)	Anzahl der Peaks (Peaks/mm)	Mittelwert			
						Kraft	Steigung	Schalldruckpegel	Anzahl der Peaks
29	Verhältnis dick 1	0,15	0,0263	2,191	0	0,150	0,026	2,191	0,000
28	Verhältnis dick 4	0,203	0,0286	2,148	0	0,230	0,034	2,611	0,215
28	Verhältnis dick 5	0,256	0,04	3,0737	0,429				
27	Verhältnis dick 2	0,199	0,0243	3,159	0,111	0,239	0,037	3,149	0,173
27	Verhältnis dick 3	0,263	0,0473	3,512	0,296				
27	Verhältnis dick 6	0,254	0,0401	2,776	0,111				
26	Gurke Past. Mitte 2	0,232	0,0379	3,096	0,154	0,193	0,037	3,016	0,128
26	Gurke Past. Mitte 3	0,189	0,0407	2,906	0,115				
26	Gurke Past. Mitte 4	0,158	0,033	3,045	0,115				
25	Gurke Past. Unten 1	0,209	0,0499	3,652	0	0,201	0,038	3,330	0,147
25	Scheibe Mitte 4	0,144	0,0266	2,803	0,28				
25	Gurke Past. Unten 2	0,251	0,0376	3,534	0,16				
24	Gurke Past. Unten 3	0,33	0,036	3,339	0,708	0,249	0,038	3,137	0,306
24	Scheibe Mitte 2	0,288	0,0423	3,328	0				
24	Scheibe Mitte 3	0,219	0,0327	2,94	0				
24	Scheibe Stiel 3	0,338	0,0464	3,291	0,792				
24	Gurke Oben 2	0,174	0,0339	2,968	0,208				
24	Gurke Oben 3	0,145	0,0368	2,953	0,125				
23	Gurke Oben 4	0,107	0,0314	3,025	0,0435	0,205	0,040	3,329	0,205
23	Gurke Past. Unten 4	0,176	0,0434	3,021	0,348				
23	Gurke Past. Mitte 1	0,26	0,046	3,277	0,13				
23	Scheibe Mitte 1	0,257	0,0427	3,32	0				
23	Scheibe Blüte 1	0,084	0,0216	3,025	0,217				
23	Scheibe Stiel 2	0,399	0,0567	4,675	0,696				
23	Gurke Past. Oben 1	0,152	0,0395	2,962	0				
22	Scheibe Blüte 5	0,179	0,0346	3,221	0	0,179	0,0346	3,221	0
21	Scheibe Blüte 4	0,207	0,0277	3,647	1,571	0,232	0,037	3,662	0,952
21	Scheibe Stiel 1	0,291	0,0453	3,722	0,905				
21	Scheibe Stiel 5	0,197	0,0376	3,616	0,381				
20	Verhältnis dünn 5	0,195	0,0588	3,203	0	0,213	0,052	3,371	0,460
20	Verhältnis dünn 6	0,188	0,0458	3,227	0				
20	Scheibe Mitte 5	0,239	0,0526	3,432	0,55				
20	Verhältnis dünn 7	0,159	0,034	3,273	0				
20	Scheibe Stiel 4	0,284	0,0708	3,721	1,75				
19	Verhältnis dünn 3	0,077	0,0362	3,306	0	0,197	0,048	3,812	0,140
19	Scheibe Blüte 2	0,242	0,0548	4,238	0,316				
19	Scheibe Blüte 3	0,271	0,0544	3,892	0,105				
18	Verhältnis dünn 4	0,094	0,0572	3,559	0	0,094	0,0572	3,559	0
15	Verhältnis dünn 2	0,2155	0,0784	4,533	0,0667	0,2155	0,0784	4,533	0,0667



















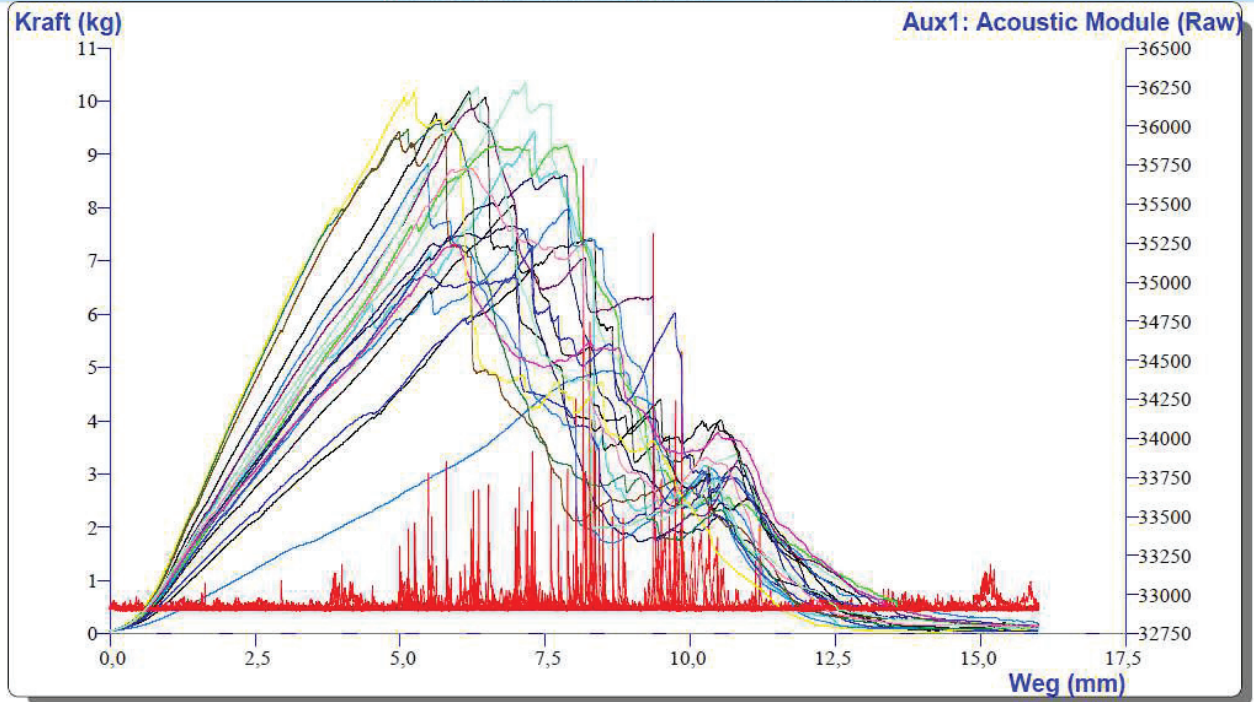






Anlage 24: Darstellung der akustischen und instrumentellen Messung der Gurken mit verschiedenen Durchmessern im Intervall 32-35 mm

**Projekt Titel: Gurken-Akustik**  
**TEXTURE EXPONENT<sup>32</sup> REPORT**



Dateiname: Länge-Durchmesser51

**T.A SETTINGS** **PRODUCT PARAMETERS**

<p>Test Art: Druck Return to Start (Set Dist)  Vor Geschwindigkeit: 2,0 mm/sec Test Geschwindigkeit: 1,5 mm/sec Rück Geschwindigkeit: 10,0 mm/sec  Weg: 16,0 mm Auslöse Kraft: 50,0 g</p>	<p>Charge: Gurkentopf Spreewaldkönigin Gemessen am: Montag, 16. Januar 2012 10:09:58 Gemessen von: Studenten Messpunkte pro Sekunde: 500 Werkzeug: HDP/WBR ; WARNER BRATZLER RECTANGULAR NOTCH BLADE Kapazität Kraftmesszelle : 50000g</p>
---	--

**Notes**

**RESULTS**

Test ID	Batch	Steigung F-D 2:3 kg/mm	Kraft 1 kg	Fläche F-D 1:4 kg/mm	Durchmesser mm	Steigung/Durchm. kg/mm²	Kraft/Durchm. kg/mm	Fläche/Durchm. kg	Schalldruck dB (SPL)
		Steigung F-D 2:3	Kraft 1	Fläche F-D 1:4	Info/J4	D4/G4	E4/G4	F4/G4	Schalldruck
<b>Start Charge: Gurkentopf Spreewaldkönigin</b>									
Länge-Durchmesser5	Gurkentopf Spreewaldkönigin	0,617	4,944	11,999	32,000	0,0193	0,155	0,375	69,043
Länge-Durchmesser6	Gurkentopf Spreewaldkönigin	1,033	7,398	37,060	34,000	0,0304	0,218	1,091	91,789
Länge-Durchmesser26	Gurkentopf Spreewaldkönigin	1,255	9,432	42,283	32,000	0,0392	0,295	1,321	94,533
Länge-Durchmesser35	Gurkentopf Spreewaldkönigin	1,476	10,344	39,860	32,000	0,0461	0,323	1,246	88,896
Länge-Durchmesser36	Gurkentopf Spreewaldkönigin	1,348	9,612	38,114	32,000	0,0421	0,299	1,191	89,934
Länge-Durchmesser37	Gurkentopf Spreewaldkönigin	1,206	7,985	36,005	32,000	0,0377	0,250	1,208	86,212
Länge-Durchmesser38	Gurkentopf Spreewaldkönigin	1,810	10,179	34,738	32,000	0,0566	0,318	1,086	93,870
Länge-Durchmesser39	Gurkentopf Spreewaldkönigin	1,319	6,736	38,743	32,000	0,0412	0,211	1,211	91,837
Länge-Durchmesser41	Gurkentopf Spreewaldkönigin	1,601	9,107	47,620	32,000	0,0500	0,288	1,488	94,106
Länge-Durchmesser51	Gurkentopf Spreewaldkönigin	1,699	10,250	42,540	32,000	0,0522	0,320	1,329	97,021
Länge-Durchmesser68	Gurkentopf Spreewaldkönigin	1,392	7,665	32,518	32,000	0,0435	0,239	1,016	86,819
Länge-Durchmesser69	Gurkentopf Spreewaldkönigin	1,749	8,819	37,607	32,000	0,0546	0,276	1,175	92,380
Länge-Durchmesser70	Gurkentopf Spreewaldkönigin	1,207	8,053	35,113	33,000	0,0366	0,244	1,064	95,065
Länge-Durchmesser71	Gurkentopf Spreewaldkönigin	1,011	7,283	38,425	33,000	0,0306	0,221	1,164	94,140
Länge-Durchmesser75	Gurkentopf Spreewaldkönigin	1,286	7,318	37,437	32,000	0,0398	0,229	1,170	85,223
Länge-Durchmesser76	Gurkentopf Spreewaldkönigin	1,619	6,857	51,362	33,000	0,0491	0,299	1,557	100,912
Länge-Durchmesser77	Gurkentopf Spreewaldkönigin	2,189	10,171	26,750	33,000	0,0683	0,308	0,811	83,488
Länge-Durchmesser78	Gurkentopf Spreewaldkönigin	2,299	9,579	35,281	32,000	0,0719	0,299	1,103	87,491
Länge-Durchmesser79	Gurkentopf Spreewaldkönigin	2,225	9,432	33,468	33,000	0,0674	0,286	1,014	91,224
Länge-Durchmesser80	Gurkentopf Spreewaldkönigin	1,517	8,743	41,373	33,000	0,0460	0,265	1,254	98,802
<b>Ende Charge: Gurkentopf Spreewaldkönigin</b>									
Average:	Gurkentopf Spreewaldkönigin (FAVERAG)	1,490	8,568	37,047	32,400	0,0480	0,265	1,144	90,075
S.D.	Gurkentopf Spreewaldkönigin (FSTDEVI)	0,426	1,419	7,911	0,598	0,0131	0,044	0,245	6,918
Coef. of Variation	Gurkentopf Spreewaldkönigin (FSTDEVI)	28,553	16,507	21,365	1,846	28,5264	16,715	21,418	7,880
End of Test Data									

**Erklärung über die selbstständige Anfertigung der Arbeit**

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig angefertigt habe und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe.

---

Ort, Datum

---

Unterschrift