



Hochschule Neubrandenburg
University of Applied Sciences

Fachbereich Agrarwirtschaft und Lebensmittelwissenschaften

Studiengang Lebensmittel- und Bioprodukttechnologie

Wintersemester 2018/2019

Einsatz der Texturprofilanalyse zur Charakterisierung von geringfügigen Texturunterschieden von Essiggurken

Master - Thesis

zur Erlangung des akademischen Grades eines

Master of Science (M. Sc.)

Verfasser: Mohamed Yassine Daoud

Betreuer: Prof. Dr. Peter Meurer

Prof. Dr. Jörg Meier

Neubrandenburg, den 15.05.2018

URN: urn:nbn:de:gbv:519-thesis2017-0600-9

Danksagung

Ich möchte mich an dieser Stelle bei all denen bedanken, die mich auf unterschiedlichste Weise bei der Fertigstellung dieser Master-Thesis unterstützt haben. Als erstes möchte ich mich unbedingt bei meinen beiden Betreuern Herrn Prof. Dr. Peter Meurer und Herrn Prof. Dr. Jörg Meier ganz besonders bedanken. Sie hatten mich während der Anfertigung dieser Arbeit mit sehr viel Geduld und Verständnis unterstützt. Ich konnte jederzeit Fragen stellen und sie hatten mir immer weiter geholfen. Weiterhin bin ich für das Korrekturlesen und die vielen Anregungen außerordentlich dankbar. Herr Prof. Dr. Peter Meurer und Herr Prof. Dr. Meier hatten immer ein offenes Ohr und hatten mir den Rücken gestärkt. Ein sehr großes Dankeschön an Frau Dipl.-Ing. Viola Hoffmann und Frau Sauermilch für die Unterstützung und für die unkomplizierte Terminabsprache und die verfügbare Zeit in den Laboren. Ihre nette Art und Weise und Bemühungen waren sehr bedeutsam für mich und gaben mir ständig die Mut und Kraft die Arbeit weiterzuentwickeln. Ebenfalls möchte ich mich bei Frau M. Sc. Scharf für die Bereitstellung der Materialien und die Unterstützung bei den Versuchen im Labor herzlich bedanken. Der herzliche Dank geht ebenso an mein „Sensorikteam“ für die Unterstützung und die Zeit die sie für mich hatten. Diese Arbeit hätte ich ohne sie nicht anfertigen können. Ebenso möchte ich mich bei den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern im Labor und im Technikum für jede Unterstützung bedanken. Ebenso möchte ich mich bei Frau Schuldt aus dem Immatrikulations- und Prüfungsamt bedanken.

Zum Schluss möchte ich meiner Familie, vor allem meinen Eltern und Schwestern, meinen Freunden und einigen Bekannten überaus danken. Vielen Dank für die unermüdliche Unterstützung und das Verständnis. Außerdem möchte ich mich für das Ermöglichen dieses Studiums, das große Interesse dafür und den stetigen Zuspruch bedanken.

Abstract

In order to evaluate the texture of food and precisely fruit and vegetables, there are plenty of methods, which can be divided into two large groups: instrumental and sensory methods. On the one hand, two instrumental methods for assessing texture characteristics, Texture Profile Analysis (TPA) and Warner-Bratzler (WB), were performed on cucumber pickles (gherkins). On the other hand for sensory evaluation, the Sorted Napping was combined with Ultra Flash Profiling to provide more description for the examined samples. Both instrumental and sensory methods led to detect significant differences within the texture of the chosen charges and their segments, particularly between the stem and blossom ends. Correlations between the mechanical and sensory methods were carried out. Appreciable results were obtained, especially with the WB-Shear force- and TPA-Cohesiveness-Parameters. Furthermore according to the results, the variety “L” seemed to be firmer and more cohesive than the variety “P”. In addition a difference between the producing regions “F” and “K” was detected. This may be due to different environmental conditions.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	7
2. Stand der Wissenschaft und Technik.....	9
2.1. Gurken	9
2.1.1. Morphologie.....	9
2.1.2. Essiggurkenherstellung	10
2.2. Textur.....	12
2.2.1. Methoden der Texturermittlung.....	13
2.2.1.1. Texturprofilanalyse	13
2.2.1.2. Sensorische Methoden.....	15
2.2.1.3. Weitere Methode	16
3. Material und Methoden.....	18
3.1. Rohmaterialien.....	18
3.2. Probenvorbereitung	18
3.3. Instrumentelle Methoden.....	19
3.3.1. Texturprofilanalyse	21
3.3.2. Warner-Bratzler-Methode.....	23
3.4. Sensorische Methoden.....	24
3.4.1. Auswahl des Panels.....	24
3.4.2. Sorted Napping mit Ultra Flash Profiling	24
3.5. Statistische Verfahren.....	25
3.5.1. Statistische Analyse der instrumentellen Daten.....	25
3.5.2. Statistische Analyse der sensorischen Daten	27
3.5.3. Korrelation zwischen den instrumentellen und sensorischen Methoden	27
4. Ergebnisse	28
4.1. Vorversuche.....	28
4.2. Ermittelte Texturunterschiede mit der TPA-Methode.....	29

4.3.	Ermittelte Texturunterschiede mit der Warner- Bratzler-Methode	45
4.4.	Ermittelte Texturunterschiede mit den sensorischen Methoden.....	48
4.5.	Vergleich der instrumentellen Methoden	53
4.5.1.	Vergleich der Texturprofilanalyse mit der Warner-Bratzler-Methode	53
4.6.	Korrelation zwischen den instrumentellen und den sensorischen Methoden.....	59
4.6.1.	Vergleich der sensorischen Methoden und der TPA-Methode.....	59
4.6.2.	Vergleich der sensorischen Methoden und der Warner-Bratzler-Methode	62
5.	Diskussion.....	64
5.1.	Ermittelte Texturunterschiede mit der TPA-Methode.....	64
5.2.	Ermittelte Texturunterschiede mit der Warner-Bratzler-Methode	65
5.3.	Ermittelte Texturunterschiede mit den sensorischen Methoden.....	66
5.4.	Vergleich der instrumentellen Methoden	67
5.5.	Vergleich der instrumentellen und sensorischen Methoden.....	69
6.	Zusammenfassung.....	72
7.	Literaturverzeichnis	74
8.	Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen.....	78
8.1.	Abbildungen	78
8.2.	Tabellen	80
9.	Formelverzeichnis.....	81
10.	Verzeichnis der Anlagen	82
11.	Anhang	84

Verzeichnis der verwendeten Formelzeichen, Symbole und Abkürzungen

Abkürzungen

ANOVA	Analysis Of Variance
BMEL	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
DIN	Deutsche Institut für Normung
HSD	Honestly Significant Difference
ISO	Internationale Organisation für Normung
MFA	Multiple Factor Analysis
MHD	Mindesthaltbarkeitsdatum
N	Newton
Pa	Pascal
TPA	Texture Profile Analysis
UFP	Ultra Flash Profiling
WB	Warner-Bratzler

1. Einleitung

Die Gurke (lat. *Cucumissativa* L.) gehört zu der Familie der Kürbisgewächse (lat. *Cucurbitaceae*) und ist mit dem Kürbis und der Melone verwandt. Der Pro-Kopf-Konsum von Gurken beträgt in Deutschland etwa 6,5 kg im Jahr (BMEL, 2015/16) – davon sind rund 1,3 kg Einlegegurken.

Neben Geruch, Farbe und Aussehen stellt die Textur ein wesentliches Qualitätskriterium bei der Auswahl von Lebensmitteln dar. Die Konsumentenbeurteilung der Qualität von Essiggurken basiert nicht nur auf dem typischen süß-sauren Geschmack, sondern insbesondere auf der bissfesten und knackigen Textur (Mang, 2012). Als Textur ist „die strukturell-stoffliche Beschaffenheit der Lebensmittel, die haptisch, rheologisch, optisch und akustisch erfasst werden kann“ aufzufassen (DLG, 2017). Häufig kommt es vor, dass in der Industrie sensorische Untersuchungen zur Beschreibung der Textur durchgeführt werden. Darüber hinaus erfolgt eine umfangreiche subjektive Beurteilung der Textur durch sensorische Prüfungen, die kosten-und zeitintensiv sind.

Auf der anderen Seite werden zur Messung der Textur verschiedene instrumentelle Methoden mithilfe des „Texture Analyser“ herangezogen. Abhängig vom Zweck und vom Produkt werden Methoden wie Warner-Bratzler, Kramer-Scherzelle und die TPA-Methode eingesetzt. Zur Charakterisierung der Eigenschaften „Festigkeit“ und „Knackigkeit“ ist vor allem die Warner-Bratzler-Zelle-Methode geeignet. Des Weiteren wird im Rahmen der TPA-Methode eine Probe zyklisch zweimal durch eine Kompression belastet und dabei der Kauprozess simuliert. Registriert werden Kräfte, Wegdifferenzen und Flächenverhältnisse, um die Parameter Festigkeit, Kohäsion, Elastizität, Gummiartigkeit, Spannkraft, Adhäsion und Kaufähigkeit zu berechnen. „Die mit der TPA ermittelten Parameter „Härte“ und „Kohäsion“ korrelieren recht gut mit ‚shear stress‘ und ‚shearstrain‘ beim Zusammenbruch der Struktur“. (Hamann, 1988 in Schubring, 1999). Aus diesem Grund ist es interessant, die Intensität der Kompression bis zur Erreichung einer irreversiblen Zerstörung der Struktur der Probe und deren Einfluss auf die vorgegebenen TPA Parameter sowie auf die mögliche Korrelation zu den sensorisch bestimmten Parametern zu betrachten.

Ziel dieser Arbeit ist es, geringfügige Texturunterschiede von Essiggurken festzustellen. Zu diesem Zweck werden die zwei instrumentelle Methoden Warner-Bratzler-Zelle und TPA miteinander verglichen. Anschließend wird eine mögliche Korrelation mit den sensorischen Methoden Sorted Napping und Ultra Flash Profiling überprüft. Abschließend wird aufgezeigt,

ob signifikante Texturunterschiede innerhalb der Anbausorten sowie Anbauorten von den untersuchten Chargen bestehen.

2. Stand der Wissenschaft und Technik

2.1. Gurken

Die Einlegegurke (*Cucumissativus L*) gehört zu der Familie der Cucurbitaceen. Bereits vor 3000 Jahren wurde die Gurke in Ägypten und Indien kultiviert. In der Antike wurde die Gurke im Mittelmeerraum von den Griechen, später auch von den Römern angebaut (Mang, 2012). Diese Pflanzenfamilie hat einen subtropischen und tropischen Ursprung und ist demnach wärme- und feuchtigkeitsliebend (Magnussen, 2001). Diese Kulturpflanze hat sich weltweit verbreitet und ist heutzutage jedoch auf allen Kontinenten zu finden. Des Weiteren gibt es eine große Zahl an verschiedensten Gurkensorten wie zum Beispiel Essiggurke, Salatgurke, Schälgurke, Schlangengurke oder Senfgurke. In dieser Studie werden Essiggurken in Betrachtung gezogen. Die Erntesaison erstreckt sich von etwa Anfang Juni bis Ende September. Ferner werden die geernteten Gurken in der Regel in einer Sortieranlage in vier verschiedene Sortierungsgrößen sortiert: 3-6 cm, 9-12 cm, und >12 cm und anschließend zu Sauerkonserven verarbeitet (Magnussen, 2001). Im Übrigen weist die Gurke eine Energiedichte von 8 bis 12 kcal/ 100 g sowie einen durchschnittlichen Wassergehalt von etwa 96,5 % auf, während sie 0,6 % Eiweiß, 0,2 % Fett und 1,8 % Kohlenhydrate enthält (Mang, 2012).

2.1.1. Morphologie

Das Gurkenfruchtgewebe ist nicht einheitlich aufgebaut, sondern besteht aus drei unterschiedlichen Gewebebereichen.

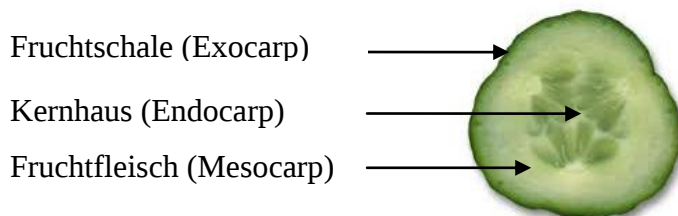


Abbildung 1: Fruchtgewebe einer Gurkenscheibe

Von außen nach innen kann die Frucht in drei Zonen unterteilt werden: Fruchtschale (Exocarp), Fruchtfleisch (Mesocarp) und Kernhaus (Endocarp). Dabei ist die Schale (Exocarp) meist fest. Sie kann jedoch ebenfalls, je nach Sorte, zäh und ledrig sein. Im Gegensatz dazu besitzt das Kernhaus (Endocarp) eine weiche Zellstruktur. Zwischen diesen beiden Bereichen liegt das Fruchtfleisch (Mesocarp), welches eine durchschnittliche Festigkeit besitzt. Die im Glas pasteurisierten Gurken weisen unterschiedliche Textureigenschaften auf, indem ihre Festigkeit vom oberen zum unteren Bereich des Glases zunimmt (Reichardt, 2012).

Auf einer Seite haben die Länge und Dicke der Gurkenfrucht gleichfalls einen Einfluss auf die gesamte Textur der Frucht. Zudem nimmt mit der Länge und Dicke einer Gurkenfrucht ihre Festigkeit und Knackigkeit ab (Reichardt, 2012). Auf der anderen Seite und über die Gesamtlänge der Gurke nimmt die Texturstabilität vom stielendenden zum blütenendenden Teil hin ab (Reichardt, 2012). Dies beruht insbesondere auf der Zunahme der relativen Kernhausfläche, welches sich als weichere Textur äußert (Mang, 2012). Am Stiel- ist die Fruchtschale meist dicker als am Blütenende (Zhang, 1994). Diese Festigkeitsunterschiede innerhalb der Frucht sollen bei der Texturmessung betrachtet werden. Dementsprechend ist es erheblich, dass die zu untersuchende Probe stets aus demselben Gurkensegment stammt, um reproduzierbare Ergebnisse zu erzielen.

2.1.2. Essiggurkenherstellung

Durch den Einsatz eines Gurkenfliegers werden die Gurken von Erntehelfern pfleglich geerntet. Daraufgehend werden die geernteten Gurken verlesen und dabei die Blätter entfernt. Über Förder- und Rüttelbänder erfolgt ferner die Sortierung der Früchte nach Durchmesser. Anschließend werden die gesammelten Gurkenfrüchte mittels einer Trommelwaschmaschine dreimal gewaschen, sandfrei gebürstet und noch mal abgebraust. Die gewaschenen Früchte werden daraufhin nochmals per Hand verlesen. Nun dürfen sie in Gläser zusammen mit Gewürzen sowie dem Aufguss abgefüllt werden. Einmal im Glas abgefüllt, werden die Gurken von den Mitarbeitern nachgestopft. Die Gläser werden verschlossen und anschließend in einem Tunnelpasteur pasteurisiert, bevor zuletzt die Etikettierung der Endprodukte erfolgt. Die Abbildung 2 gibt den Herstellungsprozess wieder.

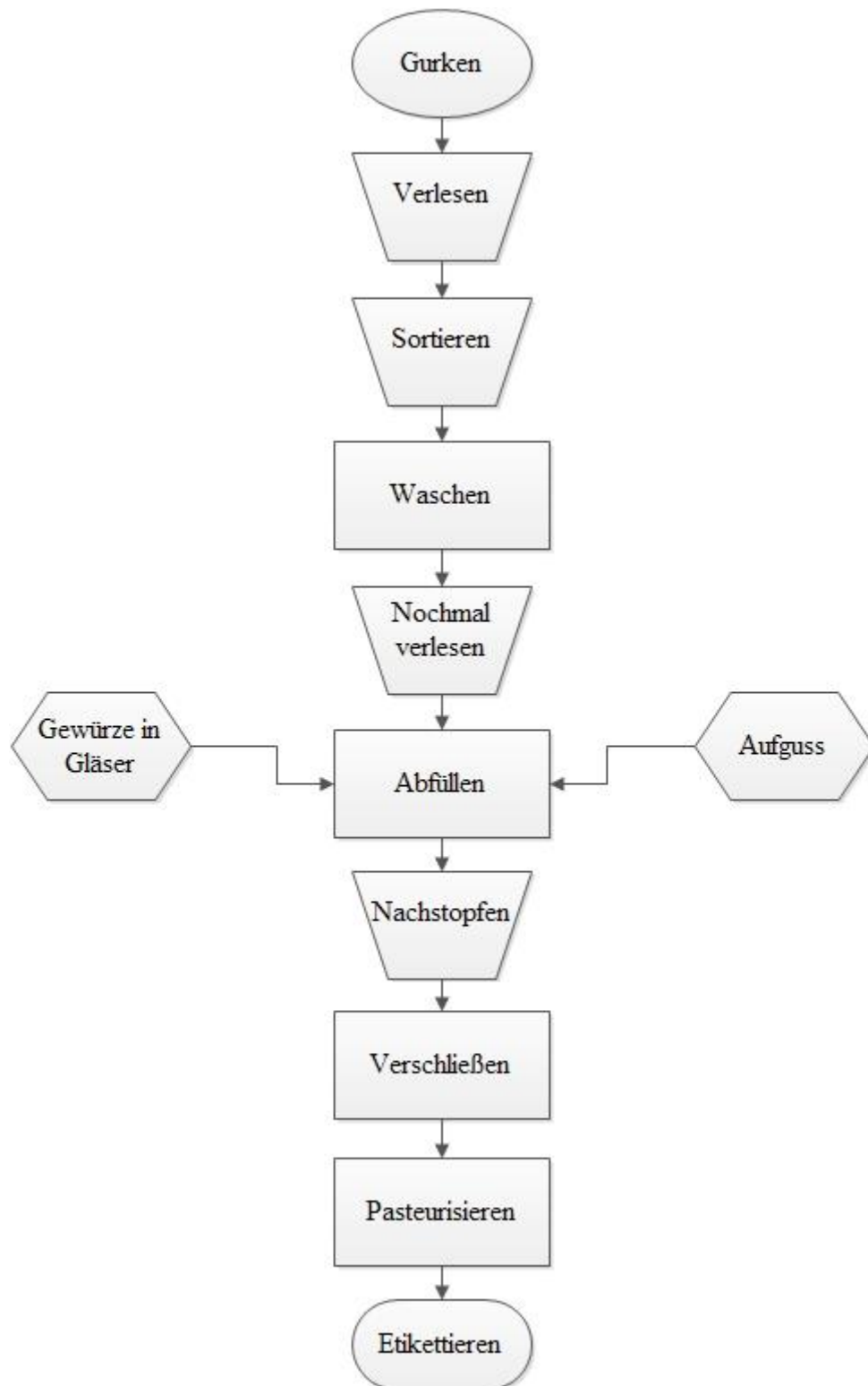


Abbildung 2: Fließschema der Essiggurkenherstellung

2.2. Textur

Das Wort „Textur“ wurde aus dem lateinischen Wort „*textura*“ abgeleitet, welches dem Wort „Gewebe“ entspricht. Laut der Internationalen Organisation für Normung (ISO) wird 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 (ISO 5492, 2008). Bei der Lebensmitteltextur geht es offensichtlich zum einen um die Wahrnehmung der Lebensmittelstoffe, die in der Struktur des Originalproduktes vorhanden sind und zum anderen um das Produktverhältnis, wenn es verarbeitet und verzehrt wird (Rosenthal, 1999). Seit Jahren gilt der gesamte Prozess zur Lebensmittelwahrnehmung als eines der interessanten Themen. Dar et al., 2014 stellten ein Schema für den gesamten Prozess zum Wahrnehmen des Lebensmittels dar. Diesbezüglich beginnt die Wahrnehmung erst mit einem visuellen Kontakt mit dem Lebensmittel. Dem schließt sich der Tastsinn an, mithilfe dessen die Eigenschaften der Fläche, wie z.B. die Klebrigkeit oder Rauigkeit sowie die Masseneigenschaft, nämlich die Härte oder Weichheit, empfunden werden. Daraufhin folgt im Zusammenhang mit dem Lebensmittelverbrauch der erste Schluck, Biss oder die Kompression. Dieser Schritt ist bedeutend, da er mit dem Hör- und Tastsinn verbunden ist. Im Anschluss daran wird die Texturwahrnehmung anhand von Attributen vom Kau- über Schluckvorgang bis zur Verdauung des Lebensmittels beschrieben.

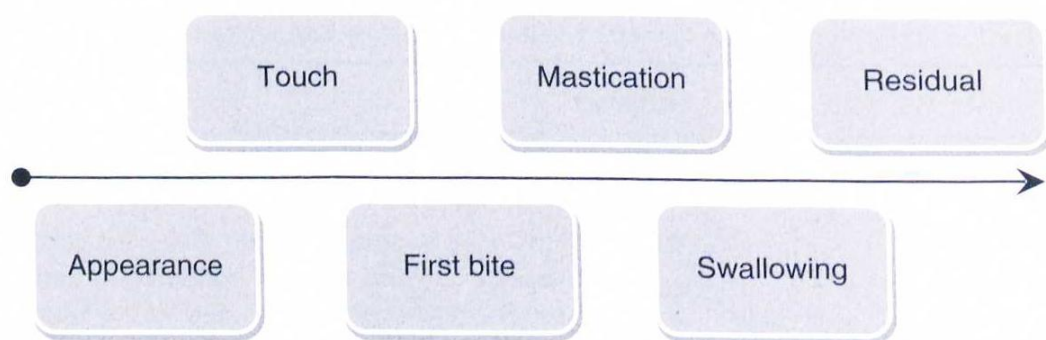


Abbildung 3: Esserfahrung: Die Wahrnehmung von Lebensmitteln (Dar, 2014)

2.2.1. Methoden der Texturermittlung

2.2.1.1. Texturprofilanalyse

Die instrumentelle Texturprofilanalyse hat als Methode zum Ziel, einen besseren und umfassenderen Überblick der Textureigenschaften von Lebensmitteln zu erreichen, wobei der wesentliche Beitrag dieser Methode darin besteht, dass die Textur als eine zusammengesetzte charakterisierte Eigenschaft und nicht als einzelnes Attribut von Lebensmittel aufzufassen ist (Schubring, 1999). Der größte Vorteil dieser Methode ist es, dass der Kauprozess simuliert wird, sodass die TPA-Methode zu den „imitatives tests“ zählt (Szczesniak, 1963). Diese empirische imitierte Methode wurde Mitte der 60er Jahre von General Foods erfunden, um objektive Messungen von Texturparametern zu liefern (Rosenthal, 1999). Ein trainiertes Panel von neun Prüfpersonen wurde gebeten, die Härte von neun Produkten anhand von Attributen zuzuordnen. Dabei hatten sie für jedes Attribut ein Referenzprodukt zur Beurteilung der Textur zur Verfügung. Die dafür verwandte Skala begann mit einer sensorischen Bewertung von einem Punkt für Käsecreme bis zu neun Punkten für Zuckerstangen. Dazu wurde ein Texturometer von General Foods mit einem flachen Messstempel eingesetzt, um die mechanischen Kräfte, die auf die Probe ausgeübt werden, abzumessen (Rosenthal, 1999). Das Funktionsprinzip der TPA ist in der Abbildung 4 dargestellt. Ferner umfasst die TPA-Methode eine zweifache Kompression der Untersuchungsprobe, wobei der dazu verwendete Stempel im Vergleich zur Probenfläche einen deutlich größeren Durchmesser besitzt, um zusätzliche Scherkräfte, die neben der Kompression auftreten können, auszuschließen (Schubring, 1999). In späterer Zeit kam die TPA-Methode bei verschiedenen Lebensmittelprodukten vermehrt zum Einsatz. Es wurde festgestellt, dass die Interpretation der von der TPA-Methode gelieferten Kraft-Zeit-Kurven zur Beurteilung der Textur sich als besonders wertvoll erwies und auch in der Zukunft – insbesondere unter Berücksichtigung des Umstands, dass die instrumentellen Parameter mit den sensorischen Bewertungen korrelieren – erhalten bleiben wird (Breene, 1975).

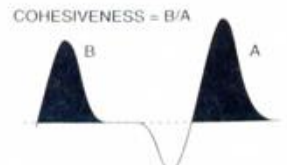
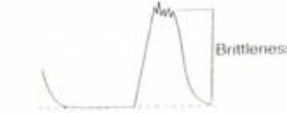
<i>Parameter</i>	<i>Sensorial Definition</i>	<i>Instrumental Definition</i>
Hardness	Force required to compress a food between the molars.	 Hardness
Elasticity	The extent to which a compressed food returns to its original size when the load is removed.	 Cycle = Second contact – First contact Elasticity = Cycle for inelastic material – Cycle for food
Adhesiveness	The work required to pull the food away from a surface.	
Cohesiveness	The strength of the internal bonds making up the food.	 COHESIVENESS = B/A
Brittleness	The force at which the material fractures. Brittle foods are never adhesive.	 Brittleness
Chewiness	The energy required to chew a solid food until it is ready for swallowing.	= Hardness × Cohesiveness × Elasticity
Gumminess	The energy required to disintegrate a semisolid food so that it is ready for swallowing.	= Hardness × Cohesiveness

Abbildung 4: Gemessene Parameter von der Texturprofilanalyse (Rosenthal 1999)

Parameter	Definition
Härte (eng. Hardness)	Kraft zur Erreichung einer vorgegebenen Deformation.
Kohäsion (eng. Cohesiveness)	Grad der Deformierbarkeit des Materials vor dem Zerschneiden.
Elastizität (eng. Elasticity)	Geschwindigkeit der Rückkehr in den undeformierten Zustand nach Entfernung der Deformationskraft.
Adhäsion (eng. Adhesiveness)	Erforderliche Arbeit zur Überwindung der Anziehungskraft zwischen dem Lebensmittel und dem mit ihm in Kontakt gekommenen Material.
Kaubarkeit (eng. Chewiness)	Energie zum Zerkauen des Lebensmittels in einen zum Abschlucken geeigneten Zustand.
Gummiartigkeit (eng. Gumminess)	Energie zur Überführung des Lebensmittels in einen zum Abschlucken geeigneten Zustand.

Abbildung 5: Definition der untersuchten Texturparameter (Schubring, 1999)

2.2.1.2. Sensorische Methoden

Zur Texturbestimmung von Obst und Gemüse wurden in den letzten Jahrzehnten zahlreiche Verfahren entwickelt, welche angeblich sehr unterschiedlich sind und sich in zwei Hauptgruppen unterteilen lassen: sensorische Prüftechniken und mechanische Prüftechniken. Für Essiggurken werden häufig die sensorischen Prüfverfahren in Europa eingesetzt. Der große Vorteil des Einsatzes solcher Prüfverfahren besteht darin, dass die Prüfung sehr realitätsnah ist (Reichardt, 2012). Eigentlich gilt die sensorische Texturanalyse als eine lange Tradition, die Anfang der 60er Jahre von Szczesniak initiiert wurde (Busch-Stockfisch, 2015). Um genaue und präzise Ergebnisse zu erlangen, werden bei den sensorischen Prüfungen eine richtige Auswahl der Prüfbedingungen sowie eine intensive Schulung der Prüfpersonen verlangt. Busch-Stockfisch (2015) erwähnte, dass vor allem zahlreiche Tastpunkte an Lippen, Zunge, Gaumen, Zahnfleisch, Perioralraum, Wangen und Fingerspitzen sich befinden. Aus diesem Motiv wird während der Prüferschulung auf diese Bereiche konzentriert. Bei den Schulungsprogrammen werden genaue Probenvorbereitungen sowie Verkostungstechniken angewandt und durchgeführt. Die Basisschulung basiert sich auf der

Zuordnung der Lebensmittel Attribute zur Beschreibung der Textur, während die Diskriminierungsprüfungen zur Erkennung der Unterschiede dienen (Busch-Stockfisch, 2015). Allerdings ist der Einsatz solcher Methoden sehr arbeits- und kostenintensiv, sodass dies als Nachteil betrachtet wird. Als Beispiel ist die sensorische „Texture Profile Methode“ (TPM) zu erwähnen. Im Rahmen der TPM wird ein Panel von 10 Prüfpersonen für 130 Stunden innerhalb von 6-7 Monaten trainiert (Lawless & Heymann, 1998). Im Zuge dessen werden verschiedene Referenzprodukte zur Ermittlung der Textur verwandt. Ein weiterer Nachteil dieser Methode ist es, dass diese Referenzprodukte nicht immer zur Verfügung stehen könnten (Murray et al, 2001). Darüber hinaus wurde nach Ersatzmethoden, die gleichfalls ohne großen Zeit-und Kostenaufwand eine Ermittlung der Textureigenschaften ermöglichen, gesucht.

2.2.1.3. Weitere Methode

Zu weiteren mechanischen Messungen der Textur wird das Penetrometer bzw. der Texture Analyser mit unterschiedlichen Messvorrichtungen, wie der Warner-Bratzler-Zelle, Kramer-Scherzelle, Ottawa MS-Scherzelle sowie vielen weiteren, ausgerüstet. Häufig werden instrumentelle und akustische Methoden zusammengekoppelt. Durch die Kombination zwischen den Leistungen eines Texture Analyser und eines speziellen Mikrofones können gleichzeitig die aufgewendete Kraft zum Zerbrechen der Probe und die dabei entstehenden Geräusche aufgezeichnet werden. Im Falle des Penetrometers wird ein Druckstempel senkrecht in die zu untersuchende Probe durch Kraftanwendung oder eigenes Gewicht eingedrückt. Dabei wird die notwendige Kraft, bei welcher der Druckstempel in die Probe bis zu einer vorgegebenen Tiefe eindringt, gemessen. Dank dieser Untersuchungsmethode wird die Eindringtiefe des Druckstempels bei konstanter Kraft berechnet (Heiss; Witzel, 1968). Insoweit gilt die Penetrometermessung als eine einfache und objektive Messmethode der Textur von Lebensmitteln. Vor allem interessierten sich Wissenschaftler für Vergleiche zwischen der TPA-Methode und anderen instrumentellen Methoden. Beispielsweise studierten De Huidobro et al. (2005) den Zusammenhang zwischen der TPA-Methode und der Warner-Bratzler-Schermethode bezüglich Fleisch und Fleischerzeugnissen. Diese zeigten befriedigende Korrelationen. Weiterhin kam die Texturprofilanalyse bei der Texturmessung von verschiedenen Obstsorten und Gemüsen zum Einsatz. Die Testeinstellungen wie z.B. Kompression, Rück-, Vor- und Testgeschwindigkeiten sind unterschiedlich und hängen von dem verwandten Material (Probengröße, Texturometer etc.) ab. Des Weiteren ist die

Kompressionsintensität zumeist entscheidend und hat einen erheblichen Einfluss auf die Ergebnisse (Schubring, 1999). In diversen Studien wurden unterschiedliche Kompressionen auf ähnliche Lebensmittelprodukte ausgeübt, wie z.B. bei Bananen in Höhe von 30% (Granados et al, 2014), bei Datteln in Höhe von 15% (Alhamdan et al, 2014) sowie bei eingelegten Karotten ebenfalls in Höhe von 15% (Llorca et al, 2001). Bei Essiggurken wurde nach Breene et al., 1975 eine Kompression in Höhe von 25% verwendet. Dies wird in dieser Arbeit berücksichtigt.

3. Material und Methoden

3.1. Rohmaterialien

In der vorliegenden Arbeit wurden Essiggurken von der Firma Spreewaldhof untersucht, welche zu Spreewälder Gurken (geschützte geographische Angabe für eingelegte Gurken aus Brandenburg) zählen.

Es wurden vier unterschiedliche Chargen, welche in Gläser verpackt waren, ausgewählt. Hierbei handelte es sich um zwei verschiedene Sorten, die jeweils von zwei Anbauern aus unterschiedlichen Regionen des Spreewalds stammten.

Tabelle 1: Ausgewählte Chargen und deren Abkürzungen

Anbauer	Anbaugebiet	Anbausorte	Abkürzung	Charge	MHD
F	D	P	FP	FDP_25.06	27.06.2020
F	D	L	FL	FDL_26.06	28.06.2020
K	K	P	KP	KKP_27.06	29.06.2020
K	K	L	KL	KKL_28.06	01.07.2020

3.2. Probenvorbereitung

Für die Versuche wurden jeweils sieben Gurken aus dem mittleren Bereich der Gläser entnommen. Wie im Kapitel 2.1.1. erwähnt, wurden die Früchte, welche sich im oberen Bereich der Gläser befanden, infolge des Pasteurisationseinflusses entfernt. Die zu verwendenden Gurkenfrüchte hatten eine Länge von 7 bis 8 cm sowie eine Dicke von 1,5 bis 2,5 cm. Mittels eines Doppelklingennessers wurde aus jedem Bereich eine 1 cm dicke Scheibe herausgeschnitten. Dies gilt sowohl für die instrumentellen, als auch für die sensorischen Prüfungen. In der Abbildung 5 sind die drei Segmente einer Gurke dargestellt.

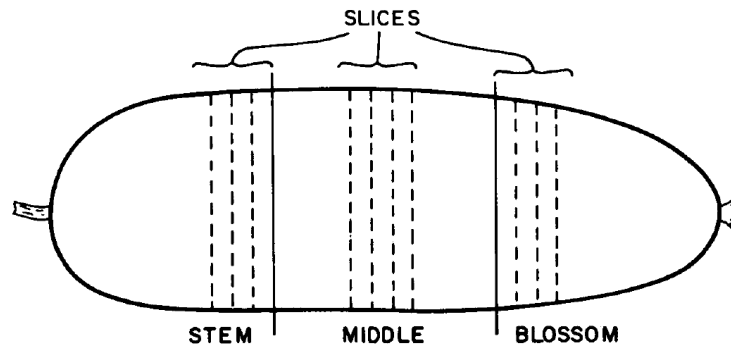


Abbildung 6: Abschnitte und Scheiben von Gurken (Thompson, 1982)

3.3. Instrumentelle Methoden

Die instrumentelle Texturmessung der Essiggurken wurde mithilfe des Texture Analyser TA.XT2i der Firma Stable Micro Systems durchgeführt. Für beide instrumentelle Methoden wurde eine Kraftmesszelle von 50 kg benutzt. Vor der Messung sollten das Gerät nach Herstellerangaben kalibriert und ggf. die Kraft justiert werden. Im Weiteren wurden die registrierten Daten mit der Computersoftware Exponent aufgezeichnet und ausgewertet.

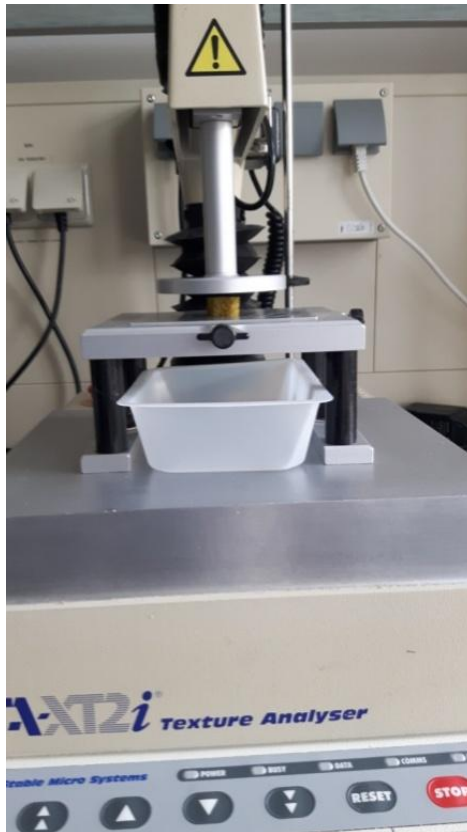


Abbildung 7: Versuchsaufbau für die TPA-Methode



Abbildung 8: Versuchsaufbau für die Warner-Bratzler-Methode

3.3.1. Texturprofilanalyse

Dieser Test dient dazu, Kompressionskräfte (in Newton) während der Kompression der Probe durch einen zylindrischen Prüfkörper abzumessen. Der Kompressionsvorgang besteht aus 2 Zyklen. Im ersten Schritt fährt der Messstempel mit einer konstant eingestellten Geschwindigkeit von 0.8mm/s auf die Probe herunter. Nach einem Kontakt mit der Probenfläche wird die Kompression ihre maximale eingestellte Intensität erreichen. Im Anschluss daran fährt der Messarm wieder auf die ursprüngliche Probenhöhe zurück und verbleibt 5s lang in dieser Position. Nach dieser Wartezeit wird die zweite Kompression mit der gleichen Intensität auf die Probe ausgeübt. Abschließend fährt der Messarm mit einer Rücktestgeschwindigkeit von 5mm/s in die Ausgangsposition zurück. Die vom Texture Analyser ermittelten Werte werden in einer Zeit-Kraft-Kurve aufgezeichnet (siehe Abbildung 9). Bei den Versuchen wurden insgesamt sieben Messwiederholungen durchgeführt. Vor der Messung wird der Durchmesser von der zu untersuchenden Probe eingegeben. Die ermittelten TPA Parameter werden dann mit Berücksichtigung des Durchmessers berechnet.

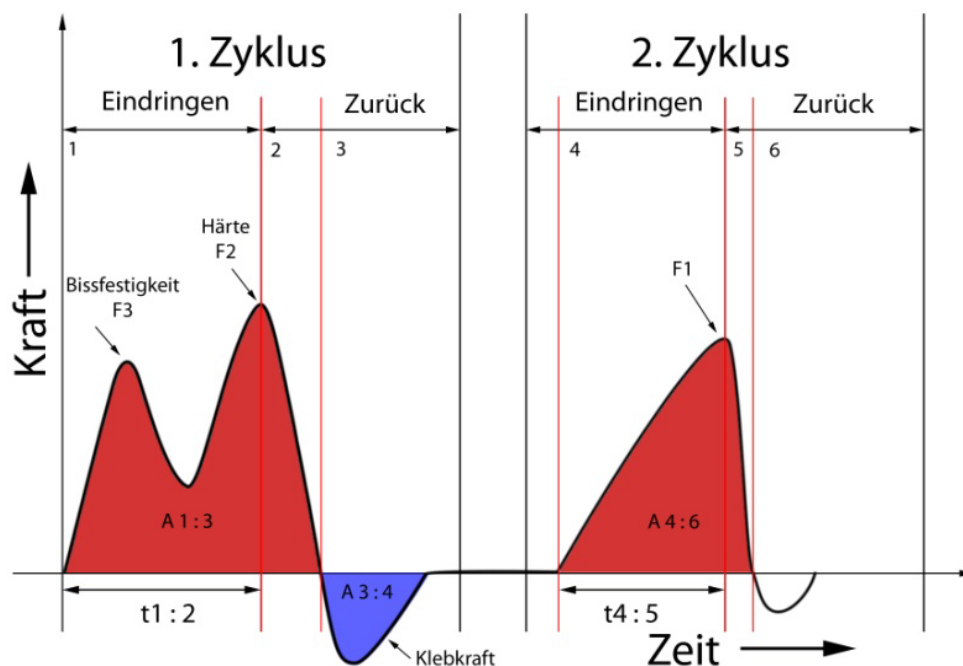


Abbildung 9: Typische TPA Kraft-Zeit-Kurve (Winopal, 2005)

Tabelle 2: Ermittelte Parameter mit der TPA Methode

Parameter	Berechnung	Dimension
Bissfestigkeit: (Fracturability)	Erster Kraftpeak im ersten Zyklus	[N] oder [g]
Festigkeit / Härte: (Hardness)	Maximale Kraft im ersten Zyklus	[N] oder [g]
Kohäsion: (Cohesiveness)	Fläche 5 / Fläche 1	ohne
Balligkeit / Spannkraft: (Resilience)	Fläche 3 / Fläche 2	ohne
Klebrigkeit: (Adhesiveness)	Fläche 4	[N/s]
Elastizität: (Springiness)	Zeit 2 / Zeit 1	ohne
Gummiartigkeit: (Gumminess)	Festigkeit x Kohäsion	ohne
Kaubarkeit: (Chewiness)	Gummiartigkeit x Elastizität	ohne

Tabelle 3: Einstellungen des Texture Analyser für die TPA Methode

Test Art	Kompression
Prüfkörper	COMPRESSION PLATEN
Größe des Prüfkörpers	P/75 ; 75mm
Messpunkte pro Sekunde	200
Vor-Geschwindigkeit	1,0 mm/sec
Test-Geschwindigkeit	0,8 mm/sec
Rück-Geschwindigkeit	5,00 mm/sec
Ziel Parameter	Weg
Weg	2,5 mm (für die Kompression von 25%) oder 6,00 mm (für die Kompression von 60%)
Auslösewert	Auto (Kraft)
Auslösekraft	5 g

3.3.2. Warner-Bratzler-Methode

Die Warner-Bratzler Methode dient dem Zweck, die Schneidekräfte (in Newton) in Bezug auf den Durchmesser abzumessen. In dieser Methode wurde die Warner Bratzler Rectangular notch Blade (HDP/WBR) als Prüfkörper benutzt. Dieser Prüfkörper ist mit einer „Guillotine-Form“ zu vergleichen und wird zur Simulierung des Zahnschneidevorgangs herangezogen. Der Messstempel bewegt sich vertikal mit einer konstanten Geschwindigkeit von 1mm/s und schneidet die Probe durch (siehe Tabelle 3 für die Einstellungen). Der maximale Peak wird in der Zeit-Kraft-Kurve aufgezeichnet (siehe Abbildung 10). Zudem wurden zur Messung sieben Wiederholungen unternommen, wobei vor der Messung vom System nach dem Durchmesser der Untersuchungsprobe gefragt wird. Ferner werden die ermittelten Parameter mit Rücksicht auf den Durchmesser berechnet.

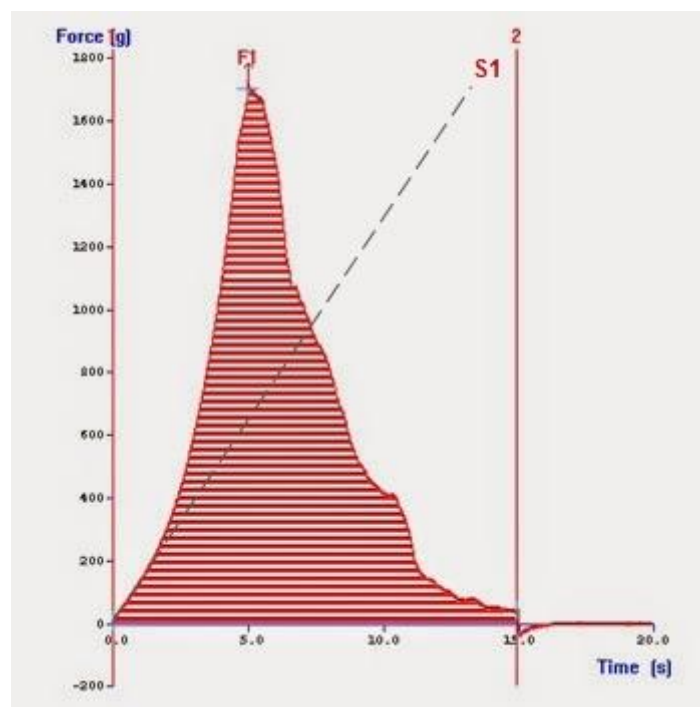


Abbildung 10: Typische WB Kraft-Zeit-Kurve (Stable Micro Systems, 2014)

Tabelle 4: Ermittelte Parameter mit der WB-Methode

Parameter	Dimension
Maximalkraft (F1)	[N] oder [g]
Steigung (S1)	[N/m]

Tabelle 5: Einstellungen des Texture Analyser für die WB Methode

Test Art	Druck
Prüfkörper	HDP/WBR (Warner Bratzler Rectangular notch Blade)
Größe des Prüfkörpers (HxBxT)	12 cm x 8 cm x 0,3 cm
Messpunkte pro Sekunde	250
Vor-Geschwindigkeit	2,0 mm/sec
Test-Geschwindigkeit	1 mm/sec
Rück-Geschwindigkeit	10,00 mm/sec
Ziel Parameter	Weg
Weg	12 mm
Auslösewert	Auto (Kraft)
Auslösekraft	20 g
Envelope Corner Frequency	3,125 kHz

3.4. Sensorische Methoden

3.4.1. Auswahl des Panels

Da in dieser Arbeit spezifische Texturmerkmale von Essiggurken bewertet werden sollten, musste eine gewisse sensorische Ausbildung der Teilnehmer vorausgesetzt werden. Die Prüfpersonen sollten allerdings an verschiedenen sensorischen Prüfungen teilgenommen haben und über bestimmte sensorische Kenntnisse verfügen. Dementsprechend wäre es am besten, ein Panel von Studenten der Hochschule Neubrandenburg aus dem Bachelor- (ab dem 3. Semester) oder Masterstudiengang der Lebensmitteltechnologie zu fragen. Im Durchschnitt wird das Panel für die Schnellmethoden wie Sorted Napping aus 9 bis 15 Teilnehmern bestehen (DLG, 2016).

3.4.2. Sorted Napping mit Ultra Flash Profiling

Sorted Napping zählt zu den schnellen sensorischen Profilprüfungen. Diese Methode hilft dabei die Proben nach Gemeinsamkeiten einzuordnen. Häufig wird diese Prüftechnik mit dem Ultra Flash Profiling kombiniert, um mehr Beschreibung für die zu untersuchenden Produkte, zu liefern. Anschließend werden die Produkte anhand von Attributen beschrieben und möglichst in kleinen Gruppen verteilt. Bei der Durchführung wurden die Panellisten gebeten, die Gurkenproben nach Ähnlichkeit in Bezug auf ihre Textur zuzuordnen. Diesen wurde ein A3-Blatt vorgelegt, auf welchem zwei Achsen zur Orientierung vorgegeben

wurden. Während die „X-Achse“ die Kohäsion definierte, adressierte die „Y-Achse“ die Härte. Die Proben wurden alle gleichmäßig, in gleicher Weise wie bei den instrumentellen Methoden, in 1 cm dicke Scheiben geschnitten, um zu vermeiden, dass sie anhand ihres Äußeren erkannt werden konnten. Dazu wurden der Stiel sowie die Blüte entfernt. Ferner wurde vor Beginn der sensorischen Prüfungen eine Einweisung zur Methode in Form einer Sitzung durchgeführt. Dabei wurde den Prüfpersonen die Prüftechnik erläutert sowie die Schnittstelle gezeigt. Im ersten Schritt sollten die Panellisten die Gurkenscheiben flach zwischen den Schneidezähnen halten und reinbeißen. Dabei sollte darauf Acht gegeben werden, dass die Probe nicht zerbricht, um die Kohäsion einzuschätzen. Im zweiten Schritt sollte dieselbe Probe nach hinten in die Backenzähne geschoben und durchgebissen werden. Dabei sollten die Panellisten die gesamte Härte der Probe beurteilen. Nach der Platzierung der Proben mit Hilfe der Orientierung an den vorgegebenen Achsen wurden die Prüfpersonen darum gebeten, entsprechende Attribute zur Beschreibung der Textur, namentlich die Härte und Kohäsion, zu erwähnen.

3.5. Statistische Verfahren

3.5.1. Statistische Analyse der instrumentellen Daten

Die ermittelten Daten aus dem Texture Analyser wurden mittels der Computersoftware Exponent bearbeitet. Dabei wurden Mittelwerte, Standardabweichungen und Variationskoeffizienten berechnet. Für die Berechnung des Mittelwertes wurde folgende Formel verwendet:

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

Formel 1: Mittelwert $\bar{x}$

Für die Berechnung der Standardabweichung wurde folgende Formel herangezogen:

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

Formel 2: Standardabweichung σ

Zur Berechnung des Variationskoeffizienten diene zudem folgende Formel:

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

Formel 3: Variationskoeffizient V_x

Zur Ermittlung der signifikanten Unterschiede zwischen den Ergebnissen der einzelnen Versuche wurde eine 2-faktorielle ANOVA-Varianzanalyse mittels Microsoft Excel Version 2007 durchgeführt. Dank der Varianzanalyse (ANOVA = Analysis Of Variance) soll überprüft werden, inwieweit statistisch signifikante Unterschiede zwischen den durchschnittlichen Wirkungen der Faktoren auf eine abhängige Variable vorhanden sind. Mithin handelt es sich um einen Mittelwerttest für mehrere Stichproben. Die angewandte 2-faktorielle ANOVA wurde unter Berücksichtigung der Wiederholungen bei einer Wahrscheinlichkeit von 5% durchgeführt.

Falls eine Varianzanalyse (ANOVA) signifikante Unterschiede ergibt, zeigt dies an, dass sich mindestens eine Gruppe der untersuchten Stichproben von den anderen unterscheidet. Doch durch die Varianzanalyse werden die signifikanten Unterschiede nicht genau ermittelt. Um genauer zu determinieren, in welchen Gruppen diese Unterschiede vorkommen, werden oft spezifische Tests zum Paarweisevergleich der Mittelwerte eingesetzt. Eine einfache Paarweisevergleich-Methode wurde von Tukey unter dem Namen „Honestly Significant Difference (HSD) test“ entwickelt (Abdi; Williams, 2010). Die Durchführung des Tukey-HSD-Tests erfordert die Ermittlung des Grenzvariationsbreitenwerts (GV) bei verschiedenen Wahrscheinlichkeiten (Köhler, 2012) (siehe Anlage 1). Um möglichst eine große Zahl an kleinen Texturunterschiede zu ermitteln wurde in dieser Arbeit der GV-Wert jeweils mit $\alpha=0,1$; $\alpha=0,05$; $\alpha=0,01$ und $\alpha=0,001$ berechnet.

3.5.2. Statistische Analyse der sensorischen Daten

Die ermittelten sensorischen Daten der Sorted Napping-Methode wurden mittels Senstools Software Version 1.2.2.1 ausgewertet. Dabei wurde die Multiple Factor Analysis (MFA)-Methode angewandt. In diesem Verfahren werden Produkte, die relativ ähnlich beurteilt werden und sich stark voneinander unterscheiden, untersucht. Die Multiple Factor Analysis (MFA) wurde von Escofier und Pagès Anfang der 90er erfunden. Insoweit handelt es sich um eine kanonische Analyse, die auf einer Weiterentwicklung der Hauptkomponentenanalyse (PCA) basiert. Diese Methode dient zur Berechnung der Konsenskonfiguration der X/Y-Koordinaten der Produkte. Die individuellen Konfigurationen werden so umgeformt, dass diese möglichst gut mit der Konsenskonfiguration übereinstimmen (Busch-Stockfisch, 2015).

3.5.3. Korrelation zwischen den instrumentellen und sensorischen Methoden

Um die erhaltenen instrumentellen sowie die sensorischen Ergebnisse miteinander zu vergleichen, wurde eine Rangkorrelation nach Spearman durchgeführt. Hierbei wurde die Excel-Version 2007 genutzt. Zur Berechnung nach Spearman werden die Daten nach Rängen geordnet. Der Korrelationskoeffizient wird gemäß folgender Formel erlangt:

$$r_{\text{Sp}} = 1 - \frac{6 \cdot \sum_{i=1}^n d_i^2}{n \cdot (n^2 - 1)}$$

Formel 4: Spearman-Korrelationskoeffizient r

In der Statistik misst der Korrelationskoeffizient „ r “ die Stärke und Richtung einer linearen Korrelation zwischen zwei Variablen auf einer Punktwolke. Dieser Wert liegt immer zwischen -1 und +1 (Rumsey, 2015).

4. Ergebnisse

4.1. Vorversuche

Um die Kompressionsintensität und ihre Einflüsse auf die ermittelten Daten bzw. auf die sieben TPA-Parameter zu betrachten, wurde die Testeinstellungen, wie z.B. (Rück-, Vor-, Testgeschwindigkeit etc.), im Rahmen der Vorversuche unverändert gelassen (siehe Tabelle 3) und lediglich die Kompression stets erhöht. Während der Vorversuche wurde festgestellt, dass mit zunehmender Kompression die Probe belastet wird. Ferner wurde bei bestimmten Kompressionen eine hohe Belastung bzw. eine Zerstörung der Textur an der Probe beobachtet und bei dem System als ein Bruch aufgezeichnet. Hierfür wurde eine Versuchsreihe durchgeführt, in dessen Zuge verschiedene Kompressionen aufsteigend ausprobiert wurden. Es wurden überall 1 cm dicke Proben aus dem gleichen Segment (mittleres Segment) einer gleichen Gurkencharge vorbereitet und untersucht.

Tabelle 6: Vorversuche mit Erhöhung der Kompressionsintensität

Kompressionsintensität	Segment	Brüche/Wiederholungen	Kurve
30%	Mitte	0/3	Anlage 3
35%	Mitte	1/3	Anlage 4
40%	Mitte	3/5	Anlage 5
45%	Mitte	3/5	Anlage 6
50%	Mitte	5/5	Anlage 7

Eine vollständige Zerstörung der Probe bei allen Wiederholungen wurde allerdings ab einer Kompression von 50% beobachtet. Um zu garantieren, dass ein Bruch auf jeden Fall im System registriert wird, wurde eine Kompression von 60% ausgewählt. Dies wurde bei den Hauptversuchen berücksichtigt.

Auf der anderen Seite wird die Warner-Bratzler-Methode als eine Standardmethode zur Ermittlung der Schneidekräfte verwendet. Die Testeinstellungen wurden vom laufenden Forschungsprojekt für die Texturmessung der Gewürzgurken an der Hochschule Neubrandenburg übernommen. Zugleich wird der Einsatz der Texturprofilanalyse im Wege eines Vergleichs mit der WB-Methode untersucht.

4.2. Ermittelte Texturunterschiede mit der TPA-Methode

Um die vom Texture Analyser ermittelten Werte statistisch zu betrachten, wurde eine 2-faktorielle ANOVA bei einer Wahrscheinlichkeit von 5% unter Berücksichtigung der Wiederholungen angewandt. Zuerst wird bestimmt, ob es signifikante Unterschiede gibt. Insoweit wird ermittelt, ob die Prüfgröße $F > \text{Kritischer F-Wert}$ oder $P\text{-Wert} < 0,05$ ist. Falls diese Voraussetzungen erfüllt sind, wird zur genaueren Betrachtung der signifikanten Unterschiede ein Tukey-HSD-Test mit $\alpha=0,1$; $\alpha=0,05$; $\alpha=0,01$ und $\alpha=0,001$ durchgeführt. Die Tabelle 7 führt die Kodierung für die berücksichtigten Signifikanzniveaus auf. Um die erhaltenen Werte der einzelnen Parameter der instrumentellen Methoden innerhalb der untersuchten Gurkenchargen und deren Segmente graphisch darzustellen, werden Mittelwerte mit ($n=7$, n = Anzahl der Wiederholungen) in Form von Fehlerbalkendiagrammen mit der Standardabweichung eingezeichnet. Sämtliche Werte für die einzelnen Parameter der jeweiligen verwandten Methoden wurden in Bezug auf den Durchmesser der einzelnen entsprechenden Untersuchungsproben berechnet und ausgewertet.

Tabelle 7: Tabelle für die Signifikanzniveaus

Symbol/Kodierung	Bedeutung
X	Kein Wert
-	Unterschied nicht signifikant
*	Unterschied signifikant bei $\alpha= 0,1$
**	Unterschied signifikant bei $\alpha= 0,05$
***	Unterschied signifikant bei $\alpha= 0,01$
****	Unterschied signifikant bei $\alpha= 0,001$

Härte:

Tabelle 8: Unterschiede beim TPA-Parameter „Härte“ innerhalb der Gurkensegmente

Parameter	Methode					
Härte	TPA 25%			TPA 60%		
Segment	Stiel	Mitte	Blüte	Stiel	Mitte	Blüte
Stiel	X	-	**	X	-	-
Mitte	-	X	***	-	X	-
Blüte	**	***	X	-	-	X

Die Auswertung der Daten mittels der 2-faktoriellen ANOVA und des Tukey-HSD-Tests ergab, dass mittels der TPA-Methode in Bezug auf den Parameter „Härte“ nur bei einem Kompressionslevel von 25% signifikante Unterschiede innerhalb der untersuchten Fruchtsegmente festgestellt werden konnten. Gleichzeitig war das Blütenende-Segment signifikant unterschiedlich von den anderen beiden Segmenten.

Tabelle 9: Unterschiede beim TPA-Parameter „Härte“ innerhalb der Gurkenchargen

Parameter	Methode							
Härte	TPA 25%				TPA 60%			
Charge	FP	FL	KP	KL	FP	FL	KP	KL
FP	X	-	-	-	X	-	-	-
FL	-	X	**	-	-	X	-	-
KP	-	**	X	-	-	-	X	-
KL	-	-	-	X	-	-	-	X

Ebenso zeigt die Tabelle 9 an, dass in Bezug auf den Parameter „Härte“ ausschließlich im Falle einer Kompression von 25% signifikante Unterschiede innerhalb der untersuchten Gurkenchargen festgestellt werden konnten. Die Charge FL war signifikant unterschiedlich von der Charge KP.

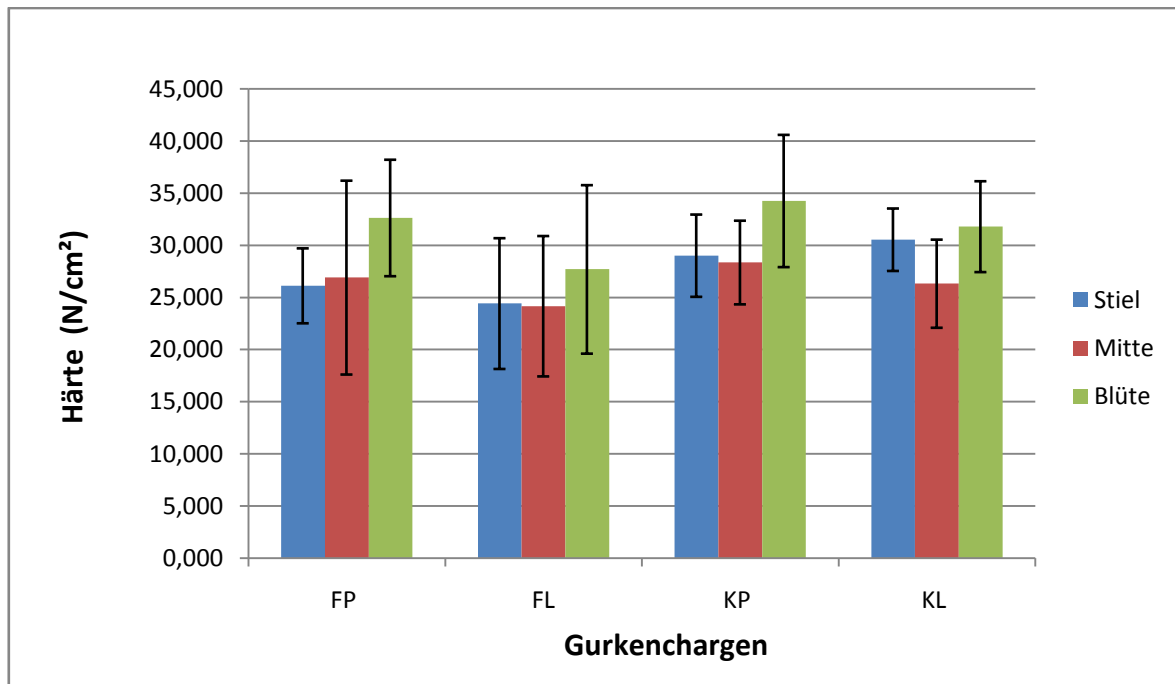


Abbildung 11: Parameter „Härte“ der TPA mit 25% Kompression (n=7)

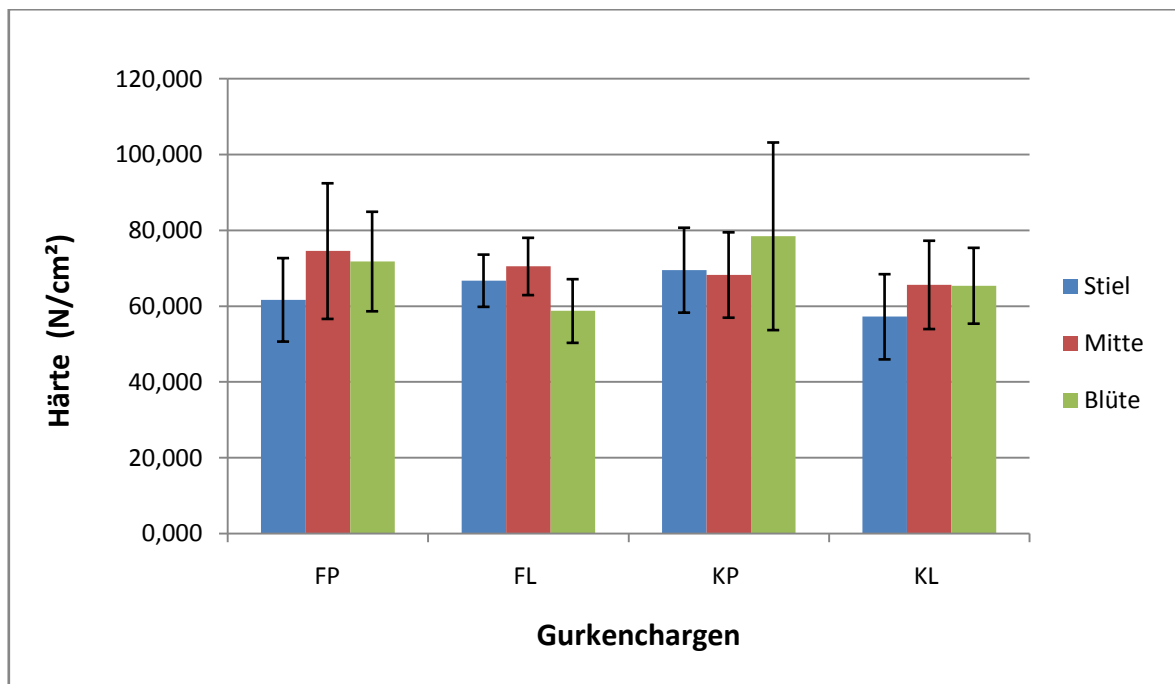


Abbildung 12: Parameter „Härte“ der TPA mit 60% Kompression (n=7)

Im Falle einer Kompression von 25% nahm die Kraft zur Erzielung der vorgegebenen Kompression von der Blüte zum Stiel hinzu meist ab. Im Übrigen wies die Kraft bei dem

mittleren Segment im Falle einer 60% Kompression meist die höchsten Werte auf. Anschließend folgte das Blütenende, wohingegen das Stielende die geringsten Werte aufwies.

Kohäsion:

Tabelle 10: Unterschiede beim TPA-Parameter „Kohäsion“ innerhalb der Gurkensegmente

Parameter	Methode							
Kohäsion	TPA 25%				TPA 60%			
Charge	FP	FL	KP	KL	FP	FL	KP	KL
FP	X	*	-	-	X	**	*	-
FL	*	X	**	-	**	X	-	*
KP	-	**	X	-	*	-	X	-
KL	-	-	-	X	-	*	-	X

Nach der statistischen Auswertung der ermittelten Daten für die „Kohäsion“ bei beiden vorgegebenen Kompressionsintensitäten war es möglich, signifikante Unterschiede sowohl innerhalb der Gurkensegmente, als auch innerhalb der Gurkenchargen, zu ermitteln. Auf der einen Seite unterschied sich das blütenendende Segment signifikant von den beiden anderen Segmenten.

Tabelle 11: Unterschiede beim TPA-Parameter „Kohäsion“ innerhalb der Gurkenchargen

Parameter	Methode					
Kohäsion	TPA 25%			TPA 60%		
Segment	Stiel	Mitte	Blüte	Stiel	Mitte	Blüte
Stiel	X	-	**	X	-	****
Mitte	-	X	***	-	X	***
Blüte	**	***	X	****	***	X

Auf der anderen Seite und bei der Kompression von 25% war die Charge FL signifikant unterschiedlich von den Chargen FP und KP. Bei einer 60% Kompression war die Charge FP signifikant unterschiedlich von den Chargen FL und KP. Ebenfalls wich die Charge FL signifikant von der KL-Charge ab.

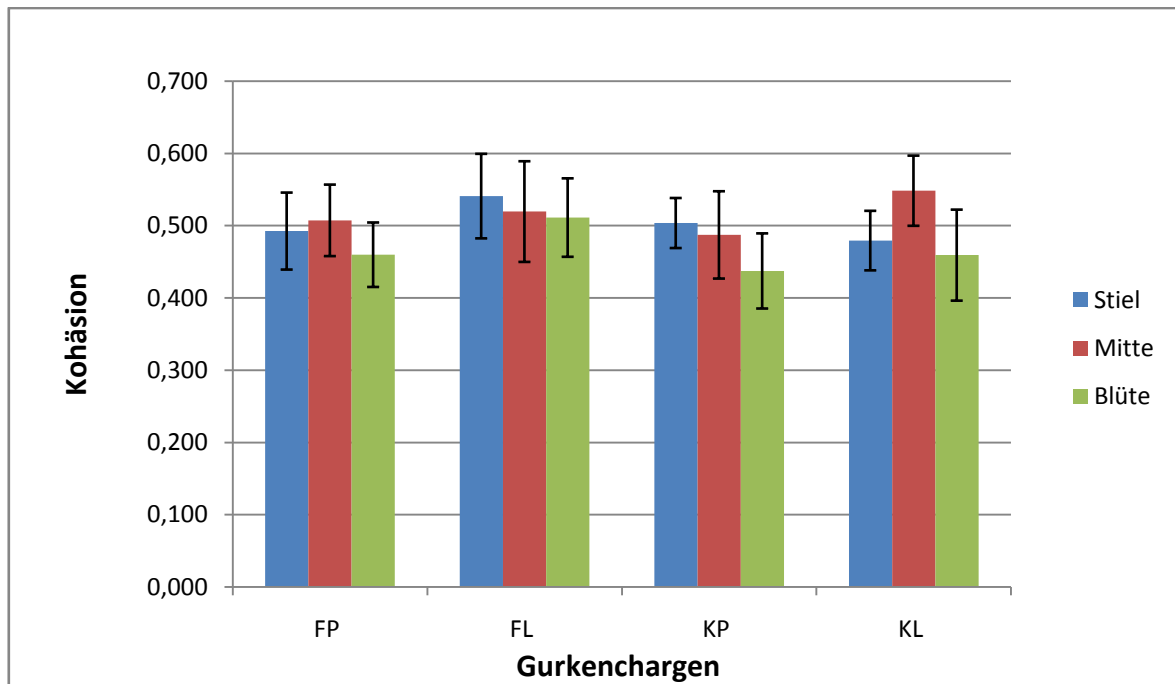


Abbildung 13: Parameter „Kohäsion“ der TPA mit 25% Kompression (n=7)

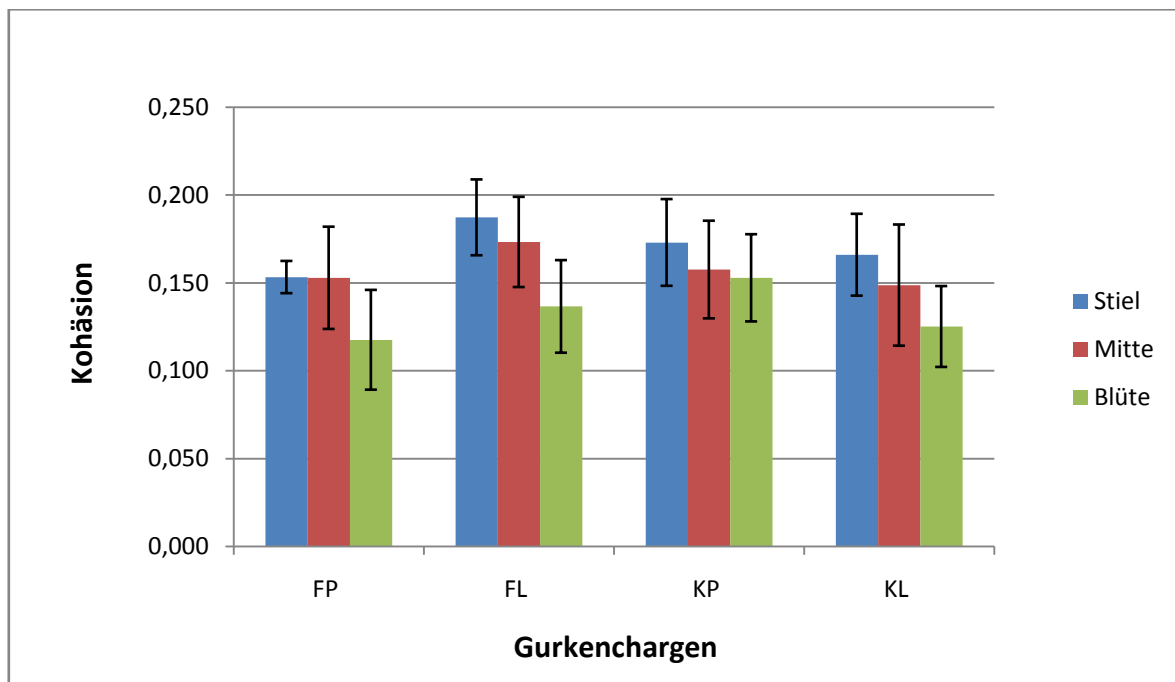


Abbildung 14: Parameter „Kohäsion“ der TPA mit 60% Kompression (n=7)

Die Kohäsions-Werte nahmen bezüglich beider Kompressionen im Wesentlichen von dem Stielende bis zum Blütenende hin ab.

Kaubarkeit:

Tabelle 12: Unterschiede beim TPA-Parameter „Kaubarkeit“ innerhalb der Gurkensegmente

Parameter	Methode							
Kaubarkeit	TPA 25%				TPA 60%			
Charge	FP	FL	KP	KL	FP	FL	KP	KL
FP	X	-	-	-	X	*	**	-
FL	-	X	-	-	*	X	-	*
KP	-	-	X	-	**	-	X	**
KL	-	-	-	X	-	*	**	X

Nach der statistischen Betrachtung der Daten für den TPA-Parameter „Kaubarkeit“ konnten lediglich bei der Kompressionsintensität von 60% signifikante Unterschiede bestimmt werden. Ferner war der blütenendende Teil signifikant unterschiedlich von beiden anderen Teilen.

Tabelle 13: Unterschiede beim TPA-Parameter „Kaubarkeit“ innerhalb der Gurkenchargen

Parameter	Methode					
Kaubarkeit	TPA 25%			TPA 60%		
Segment	Stiel	Mitte	Blüte	Stiel	Mitte	Blüte
Stiel	X	-	-	X	-	**
Mitte	-	X	-	-	X	**
Blüte	-	-	X	**	**	X

Ebenso wie bei den Gurkensegmenten wurden innerhalb der untersuchten Chargen lediglich bei dem Kompressionsniveau von 60% signifikante Unterschiede festgestellt. Die Charge FP wies einen signifikanten Unterschied jeweils zu den Chargen FL und KP auf. Des Weiteren war die Charge KL ebenso signifikant unterschiedlich von den Chargen FL und KP.

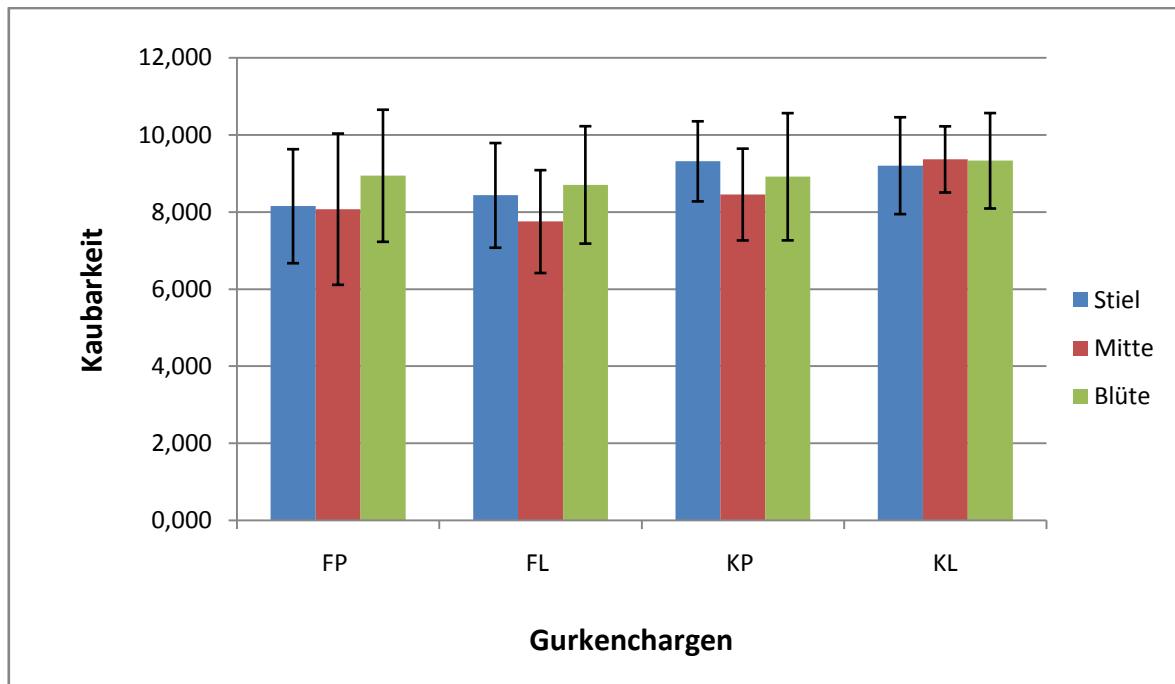


Abbildung 15: Parameter „Kaubarkeit“ der TPA mit 25% Kompression (n=7)

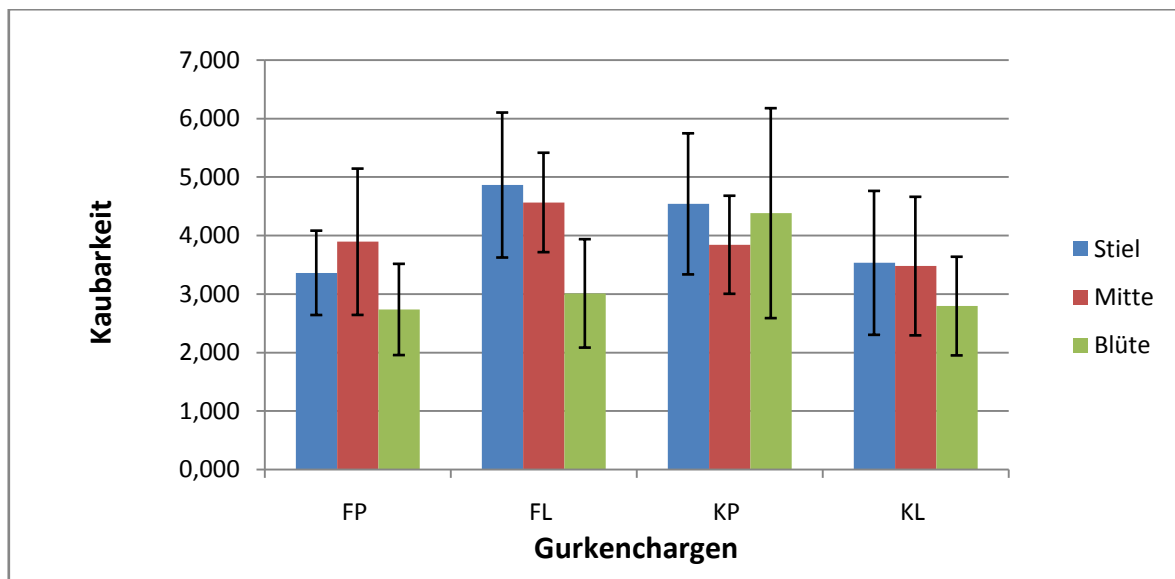


Abbildung 16: Parameter „Kaubarkeit“ der TPA mit 60% Kompression (n=7)

Auf der einen Seite und bei der Kompression von 25% offenbarte das blütenendende Segment eine leicht höhere Kaubarkeit als bei den mittleren und stielendenden Bereichen. Auf der anderen Seite und bei der 60% Kompression nahm die Kaubarkeit zumeist vom Stielende bis zum Blütenende hin ab.

Gummiartigkeit:

Tabelle 14: Unterschiede beim TPA-Parameter „Gummiartigkeit“ innerhalb der Gurkensegmente

Parameter	Methode							
Gummiartigkeit	TPA 25%				TPA 60%			
Charge	FP	FL	KP	KL	FP	FL	KP	KL
FP	X	-	-	-	X	-	-	-
FL	-	X	-	-	-	X	-	**
KP	-	-	X	-	-	-	X	-
KL	-	-	-	X	-	-	**	X

Im Hinblick auf den TPA-Parameter „Gummiartigkeit“ konnten anhand der statistischen Analysen keine signifikanten Unterschiede innerhalb der untersuchten Gurkenchargen und deren Segmente im Falle der 25% Kompression ermittelt werden. Demgegenüber wies die TPA-Methode mit 60% Kompression auf, dass das blütenendende Segment von beiden anderen Segmenten signifikant abwich.

Tabelle 15: Unterschiede beim TPA-Parameter „Gummiartigkeit“ innerhalb der Gurkenchargen

Parameter	Methode					
Gummiartigkeit	TPA 25%			TPA 60%		
Segment	Stiel	Mitte	Blüte	Stiel	Mitte	Blüte
Stiel	X	-	-	X	-	*
Mitte	-	X	-	-	X	*
Blüte	-	-	X	*	*	X

Innerhalb der Chargen gab die TPA-Methode mit 60% Kompression preis, dass die Charge KP signifikant unterschiedlich von der KL Charge war.

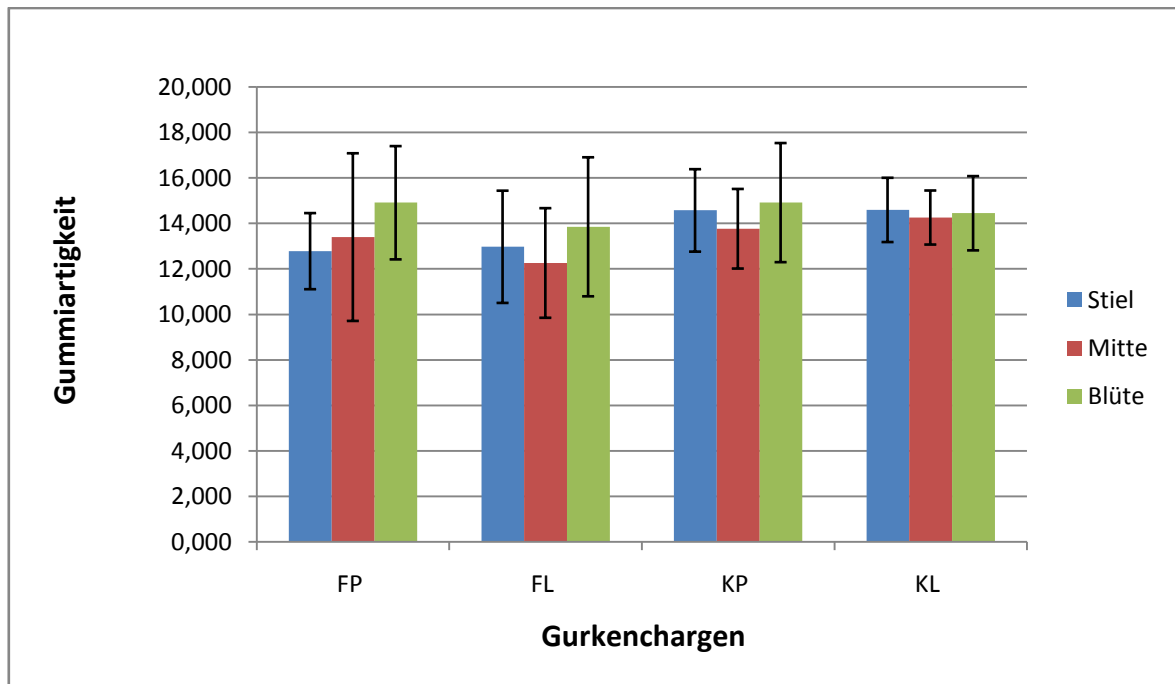


Abbildung 17: Parameter „Gummiartigkeit“ der TPA mit 25% Kompression (n=7)

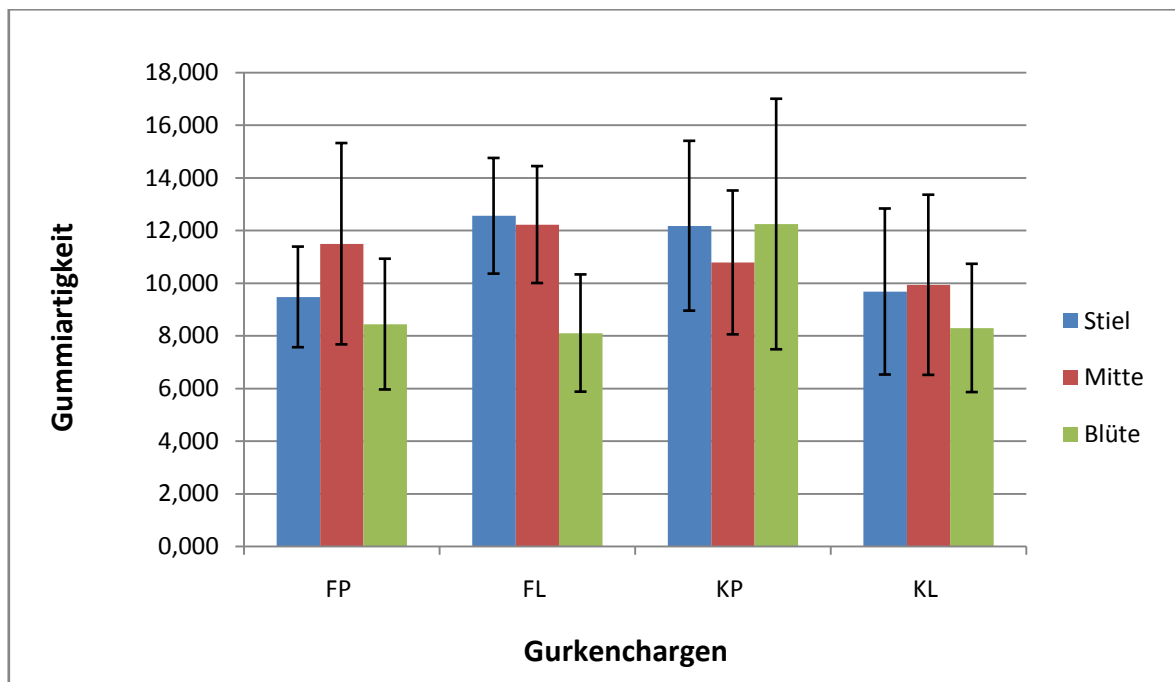


Abbildung 18: Parameter „Gummiartigkeit“ der TPA mit 60% Kompression (n=7)

Auf der einen Seite nahm die Gummiartigkeit bei der 25% Kompression von der Blüte zum Stiel hin ab. Auf der anderen Seite war es im Falle der 60% Kompression schwierig, eine

Tendenz innerhalb der Werte der untersuchten Segmente zu finden, da jedes Segment ein anderes Verhältnis bei einer bestimmten Charge aufwies.

Elastizität:

Tabelle16: Unterschiede beim TPA-Parameter „Elastizität“ innerhalb der Gurkensegmente

Parameter	Methode							
Elastizität	TPA 25%				TPA 60%			
Charge	FP	FL	KP	KL	FP	FL	KP	KL
FP	X	*	-	**	X	*****	*	-
FL	*	X	-	-	*****	X	-	**
KP	-	-	X	-	*	-	X	-
KL	**	-	-	X	-	**	-	X

In Bezug auf den Parameter „Elastizität“ zeigte die TPA-Methode mit 60% Kompression, dass die blütenendenden und stielendenden Teile signifikant unterschiedlich voneinander waren. Im Gegensatz dazu konnten keine signifikanten Unterschiede bei der 25% Kompression nachgewiesen werden.

Tabelle 17: Unterschiede beim TPA-Parameter „Elastizität“ innerhalb der Gurkenchargen

Parameter	Methode					
Elastizität	TPA 25%			TPA 60%		
Segment	Stiel	Mitte	Blüte	Stiel	Mitte	Blüte
Stiel	X	-	-	X	-	*
Mitte	-	X	-	-	X	-
Blüte	-	-	X	*	-	X

Bei beiden eingestellten Kompressionsintensitäten konnten signifikante Unterschiede innerhalb der ausgewählten Chargen festgestellt werden. Auf der einen Seite und bei der Kompression von 25% war die Charge FP signifikant unterschiedlich von den Chargen FL und KL. Auf der anderen Seite und bei 60% war die Charge FP signifikant unterschiedlich von FL und KP. Dazu war die Charge FL unterschiedlich von der KL-Charge.

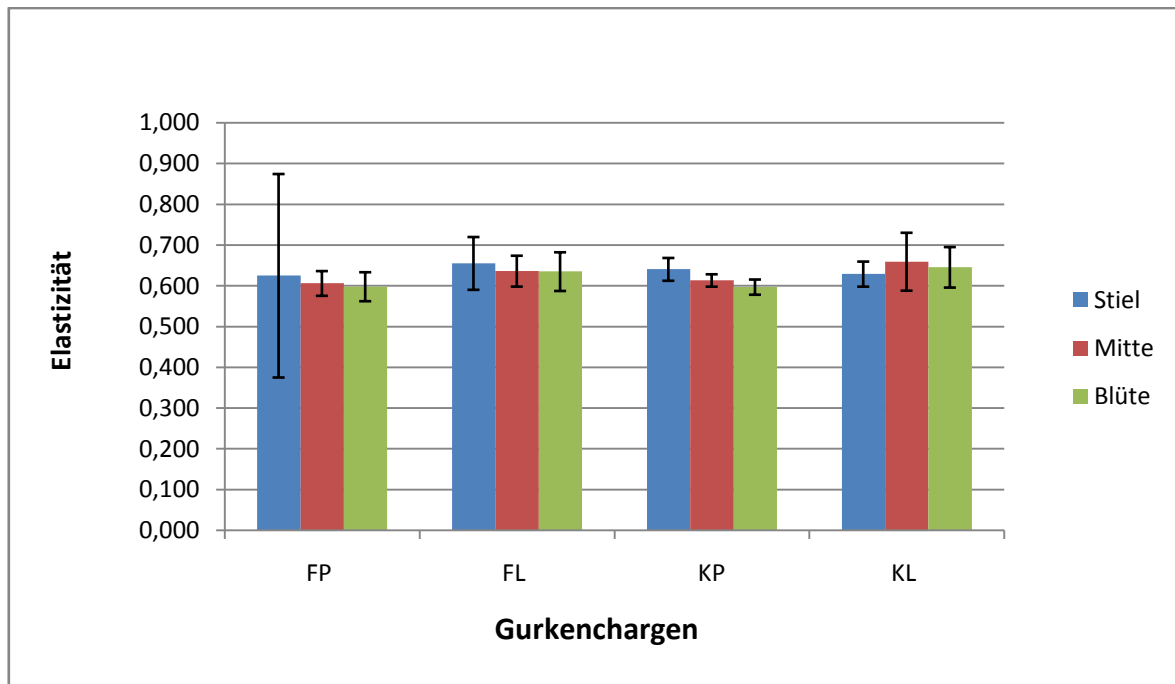


Abbildung 19: Parameter „Elastizität“ der TPA mit 25% Kompression (n=7)

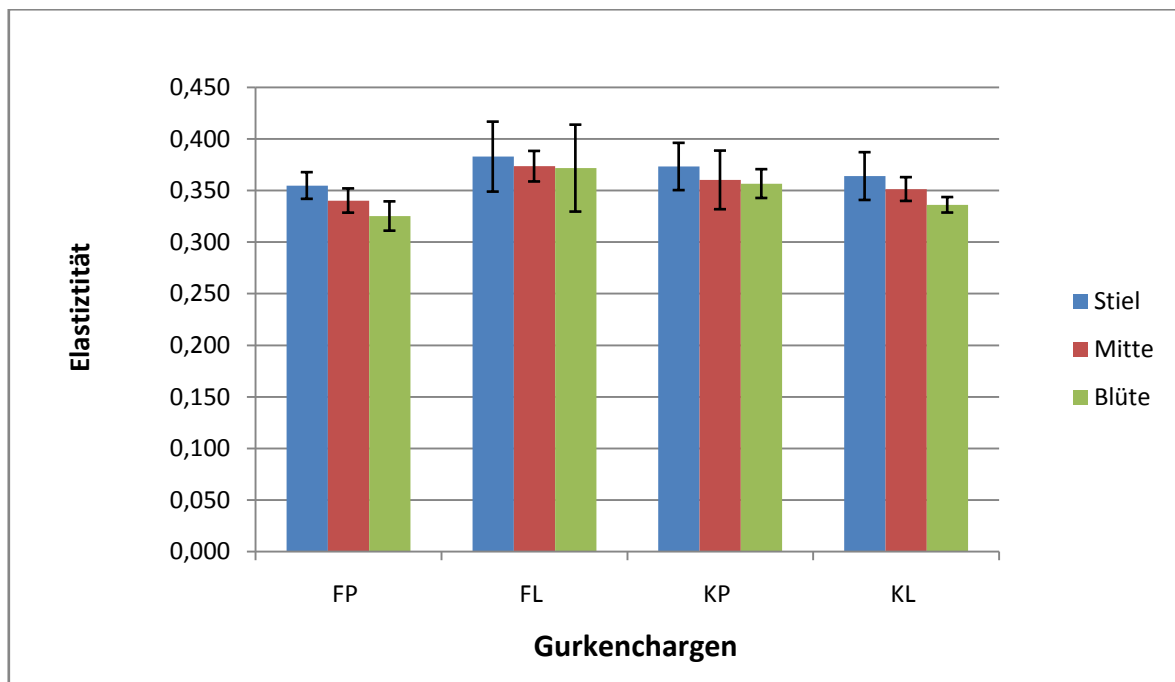


Abbildung 20: Parameter „Elastizität“ der TPA mit 60% Kompression (n=7)

Bei beiden eingestellten Kompressionen nahmen die Werte für den Parameter „Elastizität“ vom Stiel zur Blüte hin zumeist ab.

Adhäsion:

Tabelle18: Unterschiede beim TPA-Parameter „Adhäsion“ innerhalb der Gurkensegmente

Parameter	Methode							
Adhäsion	TPA 25%				TPA 60%			
Charge	FP	FL	KP	KL	FP	FL	KP	KL
FP	X	**	-	-	X	-	-	-
FL	**	X	**	****	-	X	-	-
KP	-	**	X	-	-	-	X	-
KL	-	****	-	X	-	-	-	X

Hinsichtlich des TPA-Parameters „Adhäsion“ wurden ausschließlich im Falle der Kompression von 25% signifikante Unterschiede innerhalb der Gurkenchargen sowie innerhalb deren Segmente herausgefunden. Fernerhin war der mittlere Teil signifikant unterschiedlich von den beiden anderen Teilen.

Tabelle 19: Unterschiede beim TPA-Parameter „Adhäsion“ innerhalb der Gurkenchargen

Parameter	Methode					
Adhäsion	TPA 25%			TPA 60%		
Segment	Stiel	Mitte	Blüte	Stiel	Mitte	Blüte
Stiel	X	****	-	X	-	-
Mitte	****	X	****	-	X	-
Blüte	-	****	X	-	-	X

Innerhalb bei 25% Kompression der untersuchten Chargen konnte nachgewiesen werden, dass die Charge FL von dem Rest der anderen Chargen signifikant unterschiedlich war.

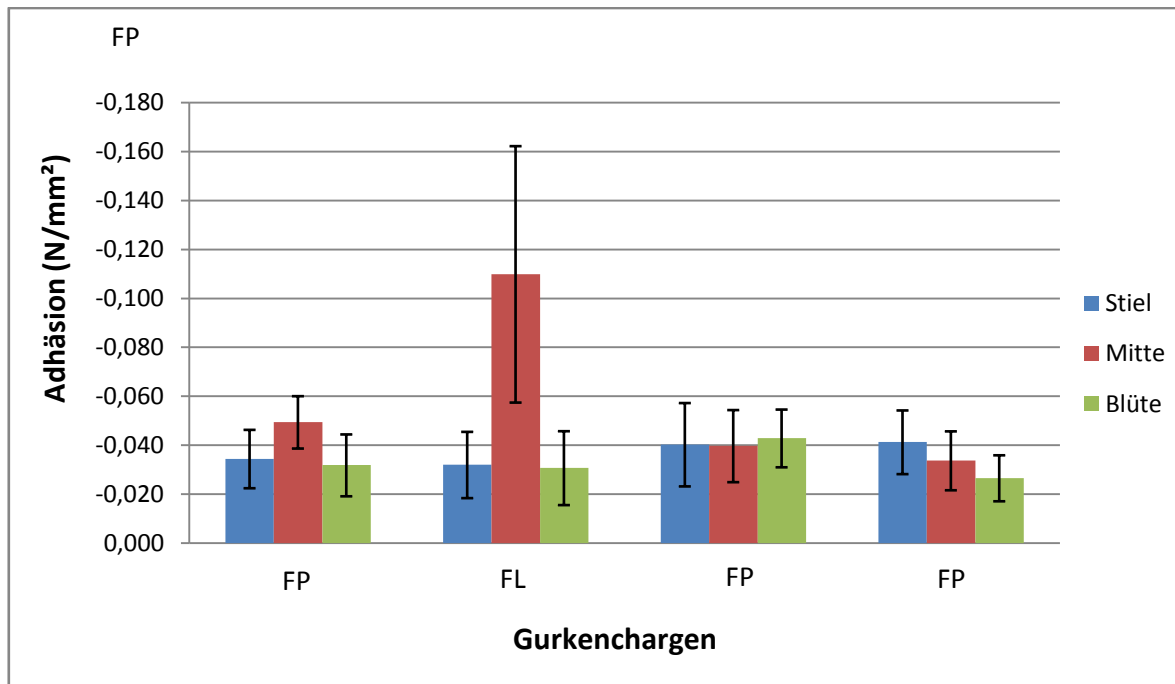


Abbildung 21: Parameter „Adhäsion“ der TPA mit 25% Kompression (n=7)

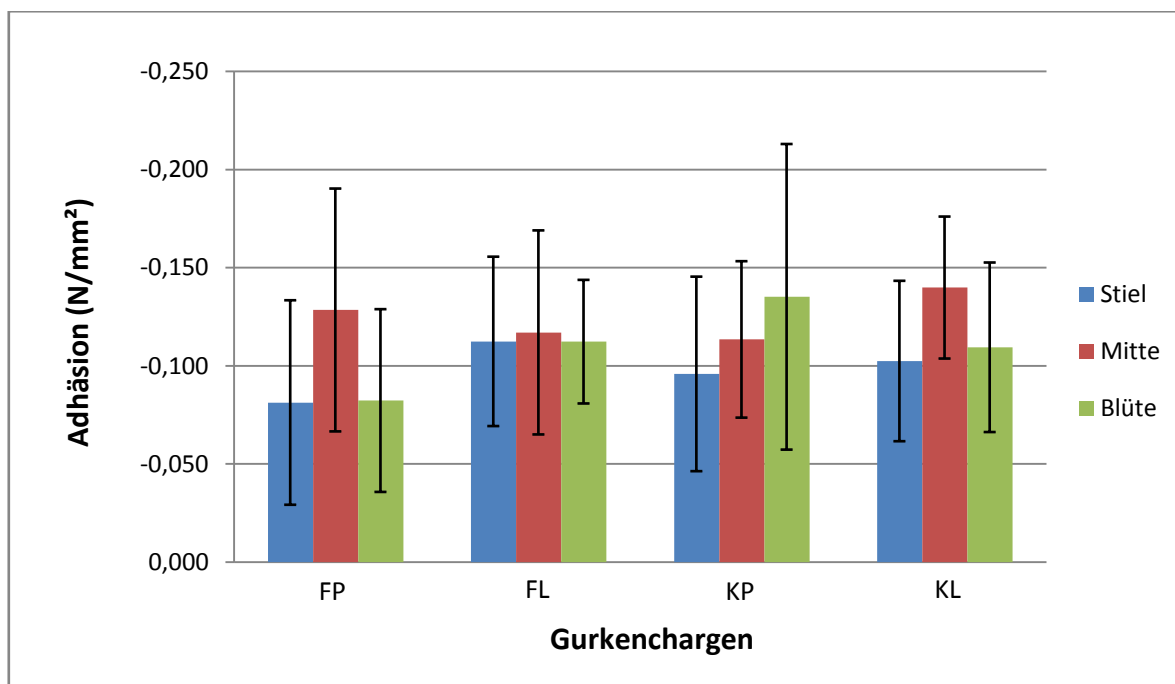


Abbildung 22: : Parameter „Adhäsion“ der TPA mit 60% Kompression (n=7)

Bei beiden verwendeten Kompressionen erhielt das mittlere Segment zumeist höhere Adhäsionswerte als die anderen beiden Segmente.

Bissfestigkeit:

Tabelle 20: Unterschiede beim TPA-Parameter „Bissfestigkeit“ innerhalb der Gurkensegmente

Parameter	Methode							
Bissfestigkeit	TPA 25%				TPA 60%			
Charge	FP	FL	KP	KL	FP	FL	KP	KL
FP	X	X	X	X	X	**	-	*
FL	X	X	X	X	**	X	**	-
KP	X	X	X	X	-	**	X	*
KL	X	X	X	X	*	-	*	X

Für den Parameter „Bissfestigkeit“ wurden keine Werte bei der TPA mit 25% Kompression ermittelt, da die Proben nicht zerbrachen und infolgedessen keine Brüche im System aufgezeichnet werden konnten. Im Gegensatz dazu wurden Brüche bei der Kompression von 60% registriert (siehe Abbildungen 24 und 25). Hierbei und nach der statischen Auswertung wurde festgestellt, dass das blütenendende Segment signifikant unterschiedlich von dem stielendenden Segment war.

Tabelle 21: Unterschiede beim TPA-Parameter „Bissfestigkeit“ innerhalb der Gurkenchargen

Parameter	Methode					
Bissfestigkeit	TPA 25%			TPA 60%		
Segment	Stiel	Mitte	Blüte	Stiel	Mitte	Blüte
Stiel	X	X	X	X	-	***
Mitte	X	X	X	-	X	-
Blüte	X	X	X	***	-	X

Innerhalb der untersuchten Chargen war es möglich zu betrachten, dass die Charge FP signifikant von FL und KL abwich. Ferner wies die Charge KP signifikante Unterschiede zu den Chargen FL und KL auf.

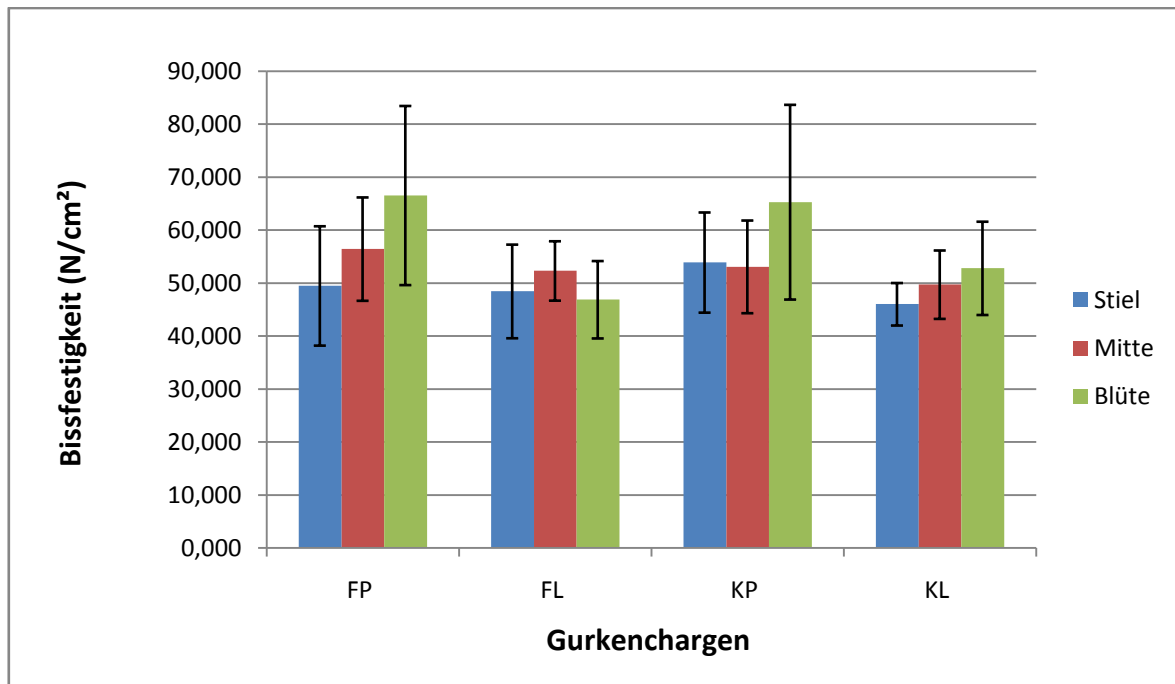


Abbildung 23: Parameter „Bissfestigkeit“ der TPA mit 60% Kompression (n=7)

Die benötigte Kraft, um eine irreversible Zerstörung der Probenstruktur zu erreichen, nahm zumeist von der Blüte zum Stiel hin ab.

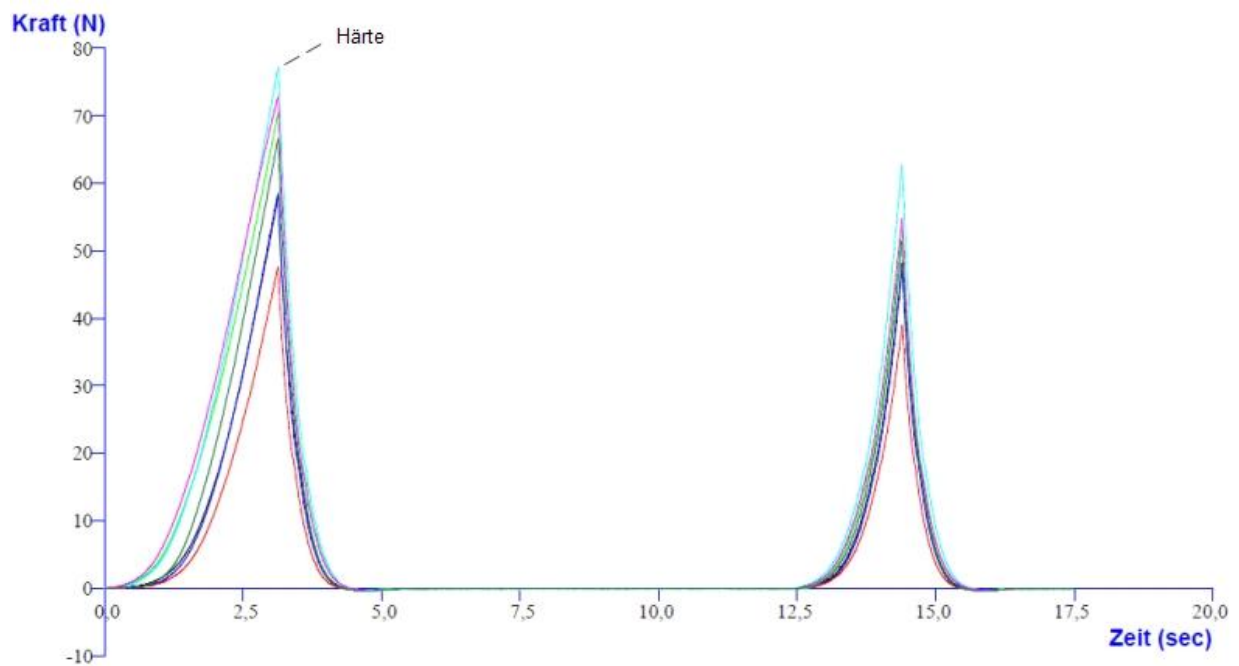


Abbildung 24: Graphische Darstellung der Kraft-Zeit-Kurve der TPA Methode mit 25% Kompression. Beispiel: FL Charge (mittleres Segment)

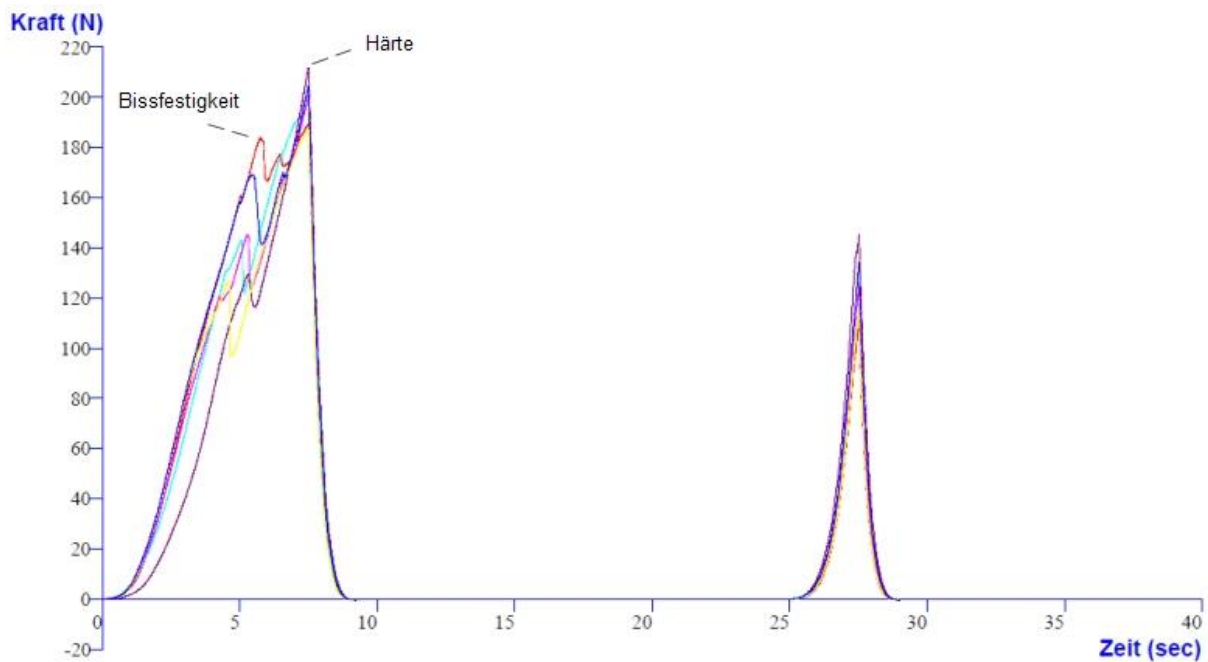


Abbildung 25: Graphische Darstellung der Kraft-Zeit-Kurve der TPA Methode mit 60% Kompression. Beispiel: FL Charge (mittleres Segment)

Insgesamt konnten innerhalb der Kompressionsintensitäten mehr signifikante Unterschiede bei der TPA-Methode mit 60% Kompression als bei der Kompression von 25% festgestellt werden. Allerdings waren im Falle der 25% Kompression die herausgefundenen Unterschiede bezüglich der Parameter „Kaubarkeit“, „Gummiartigkeit“ sowie „Elastizität“ nicht signifikant. Darüber hinaus konnte die TPA-Methode mit 60% Kompression bei den Parametern „Härte“ und „Adhäsion“ keine signifikanten Unterschiede innerhalb der Gurkensegmente sowie innerhalb der Gurkenchargen aufweisen.

Auf der einen Seite war in der Abbildung 24 zu beobachten, dass bei beiden TPA-Zyklen keinerlei Brüche auftraten. Die eingestellte Kompression in Höhe von 25% war nicht hinreichend intensiv, um die Gurkenprobe zu zerbrechen. Auf der anderen Seite wurden Brüche bei der höheren Kompression mit 60% aufgezeichnet (siehe Abbildung 25). Die benötigte Kraft zur Zerteilung der Untersuchungsprobe nahm im Vergleich zu der Kompression mit 25% deutlich zu. Mit der Erhöhung der Kompressionsintensität nahmen ebenfalls die Werte der TPA-Parameter „Kaubarkeit“ sowie „Gummiartigkeit“ zu, da diese von der ermittelten „Härte“ abhängig sind.

4.3. Ermittelte Texturunterschiede mit der Warner- Bratzler-Methode

Maximalkraft:

Tabelle 22: Unterschiede bzgl. des WB-Parameters „MaximalKraft“ innerhalb der Gurkensegmente

Parameter	Methode		
Maximalkraft	WB		
Segment	Stiel	Mitte	Blüte
Stiel	X	***	****
Mitte	***	X	****
Blüte	****	****	X

Nach der statistischen Analyse mittels der 2-faktoriellen ANOVA sowie des Tukey-HSD-Tests war es möglich, signifikante Unterschiede innerhalb der untersuchten Fruchtsegmente festzustellen. Das stielende Segment wich signifikant von beiden anderen Segmenten ab. Gleichfalls waren das mittlere und das blütenende Segmente signifikant unterschiedlich voneinander.

Tabelle 23: Unterschiede bzgl. des WB-Parameters „Maximalkraft“ innerhalb der Gurkenchargen

Parameter	Methode			
Maximalkraft	WB			
Charge	FP	FL	KP	KL
FP	X	****	*	**
FL	****	X	-	-
KP	*	-	X	-
KL	**	-	-	X

Auf der anderen Seite und innerhalb der ausgewählten Chargen war zu beobachten, dass die Charge FP signifikant von dem Rest der Chargen abwich.

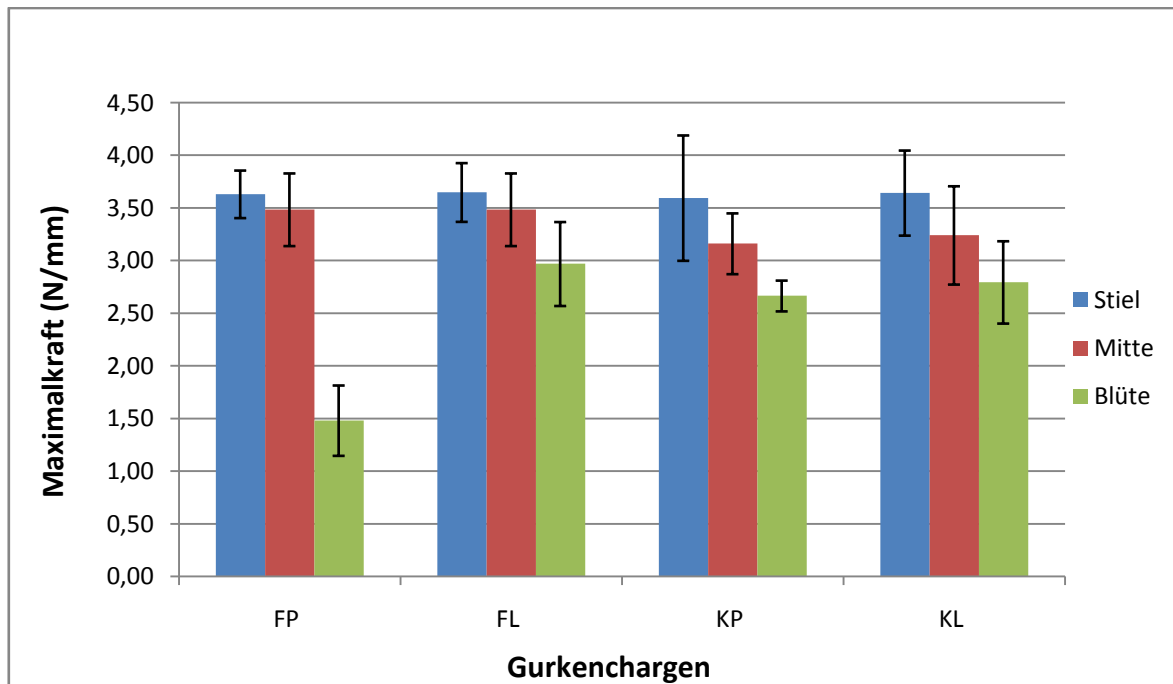


Abbildung 26: Parameter „Maximalkraft“ bei WB Methode

In Bezug auf den Parameter „Maximalkraft“ wurden signifikante Unterschiede sowohl innerhalb der ausgewählten Gurkenchargen als auch innerhalb deren Segmente ermittelt. Überdies nahm die Kraft vom Stiel bis zur Blüte hin ab.

Steigung:

Tabelle 24: Unterschiede bzgl. des WB-Parameters „Steigung“ innerhalb der Gurkensegmente

Parameter	Methode		
Steigung	WB		
Segment	Stiel	Mitte	Blüte
Stiel	X	-	-
Mitte	-	X	**
Blüte	-	**	X

Die statistische Auswertung der ermittelten Daten ergab, dass es signifikante Unterschiede innerhalb der Fruchtsegmente und in Bezug auf den Parameter „Steigung“ gibt. Ferner war der mittlere Bereich signifikant unterschiedlich vom blütenendenden Bereich.

Tabelle 25: Unterschiede bzgl. des WB-Parameters „Steigung“ innerhalb der Gurkenchargen

Parameter	Methode			
Steigung	WB			
Charge	FP	FL	KP	KL
FP	X	-	-	-
FL	-	X	-	-
KP	-	-	X	-
KL	-	-	-	X

Ebenfalls wurden die Werte für den Parameter „Steigung“ statistisch ausgewertet. Hierbei konnten keine signifikanten Unterschiede innerhalb der verwendeten Chargen ermittelt werden.

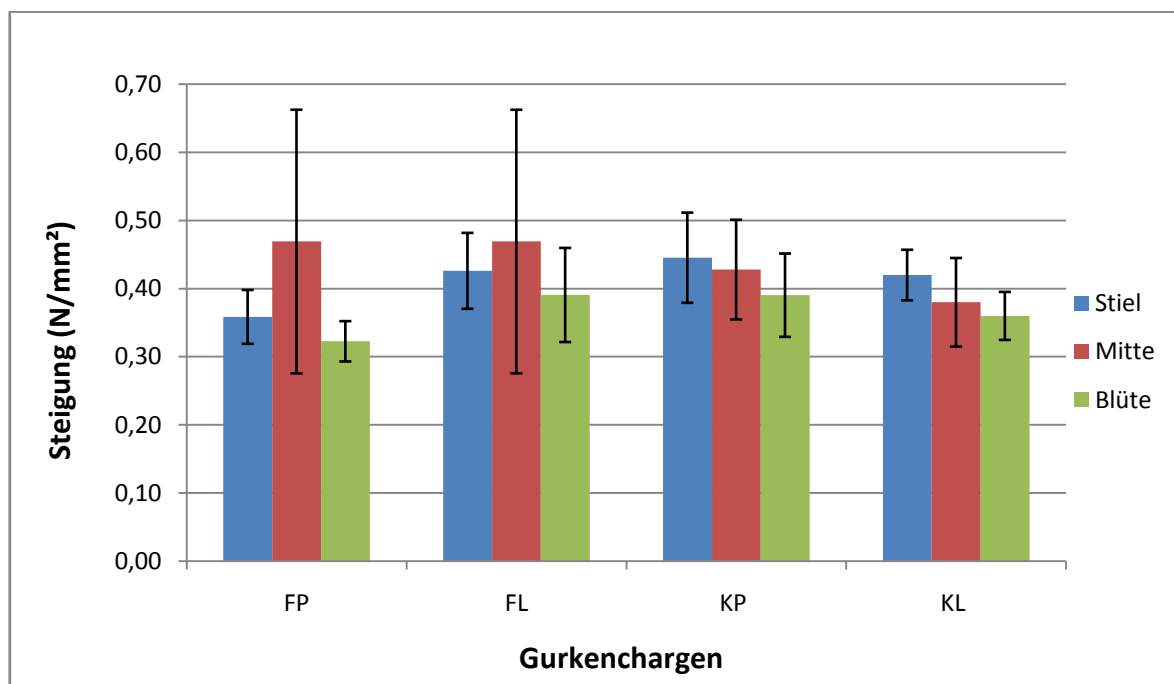


Abbildung 27: Parameter „Steigung“ bei WB Methode

Anhand des im Wege der WB-Methode ermittelten „Steigung-Parameters“ konnten nach der statistischen Analyse signifikante Unterschiede lediglich innerhalb der untersuchten Segmente herausgefunden werden. Zum Teil besaß das mittlere Segment die höchsten Steigungswerte.

Zum anderen zeichnete das Stielende die höchsten Steigungswerte auf, wogegen das Blütenende die niedrigsten Werte erhielt.

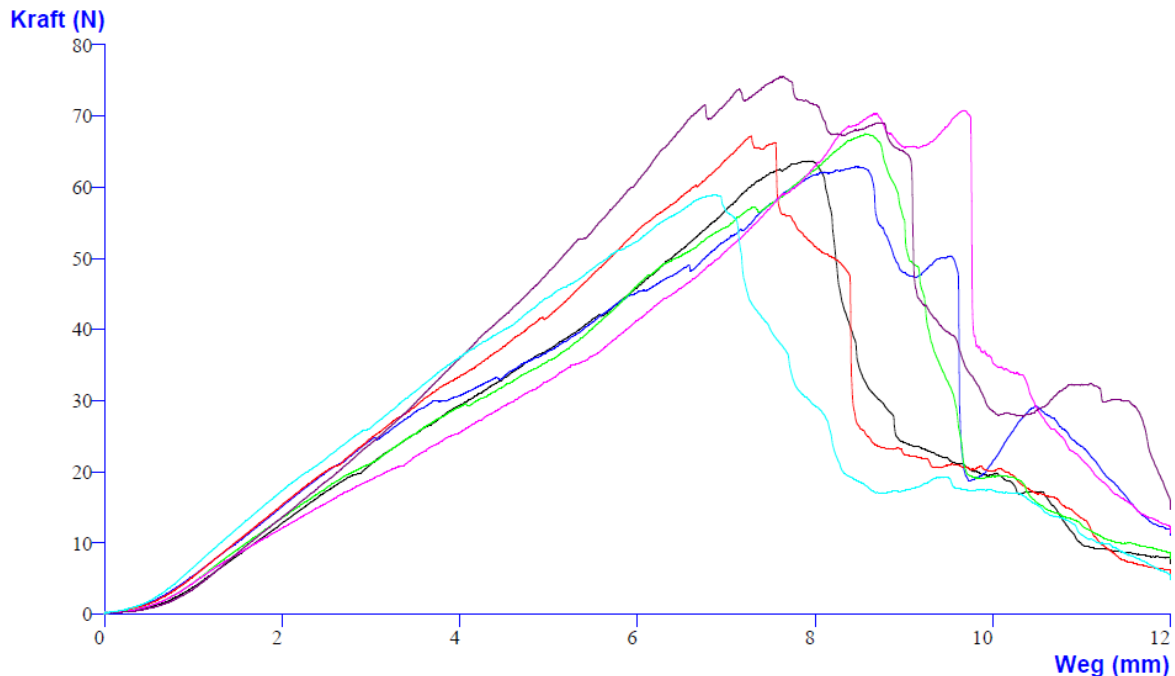


Abbildung 28: Graphische Darstellung der Kraft-Weg-Kurve der WB Methode. Beispiel: FL Charge (mittleres Segment)

4.4. Ermittelte Texturunterschiede mit den sensorischen Methoden

Ein untrainiertes Panel von 11 Personen, 3 Frauen und 8 Männer hat an dieser Studie teilgenommen. Die Teilnehmer waren allesamt Masterstudenten der Lebensmitteltechnologie an der Hochschule Neubrandenburg und nahmen während des Bachelor- oder Masterstudiums an anderen ähnlichen sensorischen Prüfungen teil. Die Prüfungen fanden in einem nach (ISO 8589) ausgestatteten Sensoriklabor in der Hochschule Neubrandenburg statt. Im Rahmen der Prüfungen wurden sensorische Methoden, im Einzelnen Sorted Napping mit Ultra Flash Profiling, durchgeführt. Um den Einfluss der Lagerzeit auszuschließen, wurden die sensorischen sowie die instrumentellen Untersuchungen zusammen innerhalb einer Woche absolviert.

Die statistische Auswertung der Daten aus der Sorted Napping Methode wurde mittels der Senstools Software durchgeführt, während die Beziehung zwischen den untersuchten

Faktoren bzw. Komponenten mittels der Multiple Factor Analysis-Methode (MFA) berechnet wurde und sich graphisch darstellen lässt. Mit Hilfe der Prozedur Biplot wird eine Grafik erhalten, welche die Faktorwerte der Untersuchungsobjekte und gleichzeitig die Faktorladungen der Variablen in Bezug zu den ersten beiden Faktoren darstellt.

Im Anschluss an den Sorted Napping-Prozess wurden mittels des Ultra Flash Profilings (UFP) zusätzlich Begriffe zur Beschreibung der jeweiligen Produktcharakteristika festgehalten, um die Produktanordnungen entsprechend interpretieren zu können. Die zur Beschreibung der Produkte verwandten Attribute sind in den Tabellen (26-29) aufgelistet.

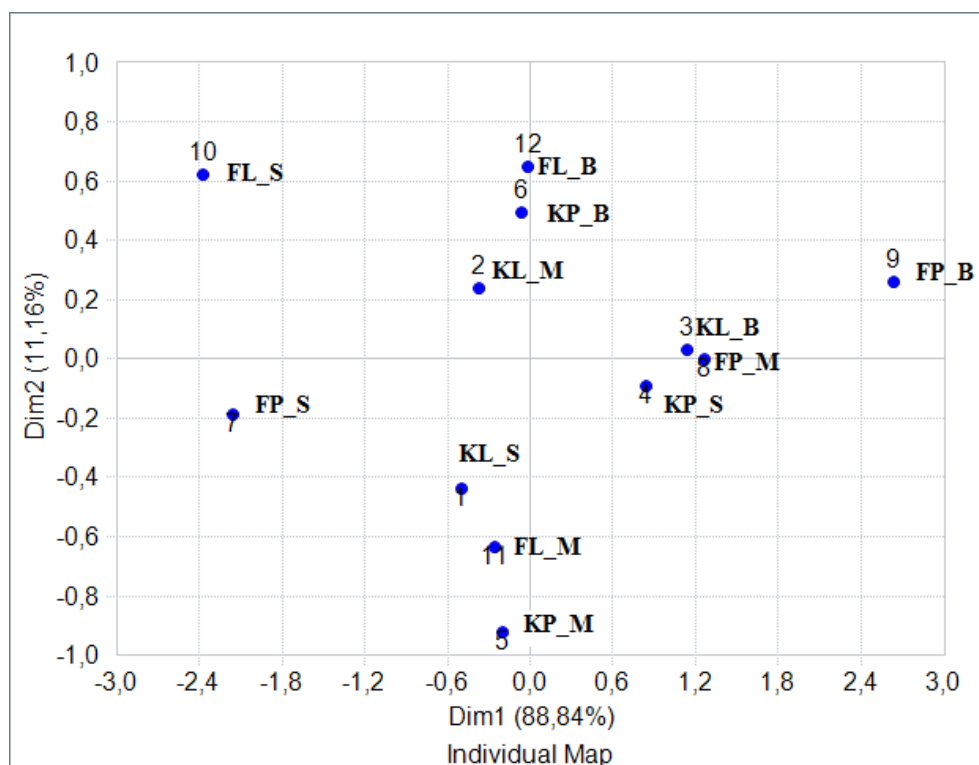


Abbildung 29: MFA-Biplot für die Produkte (1-12)

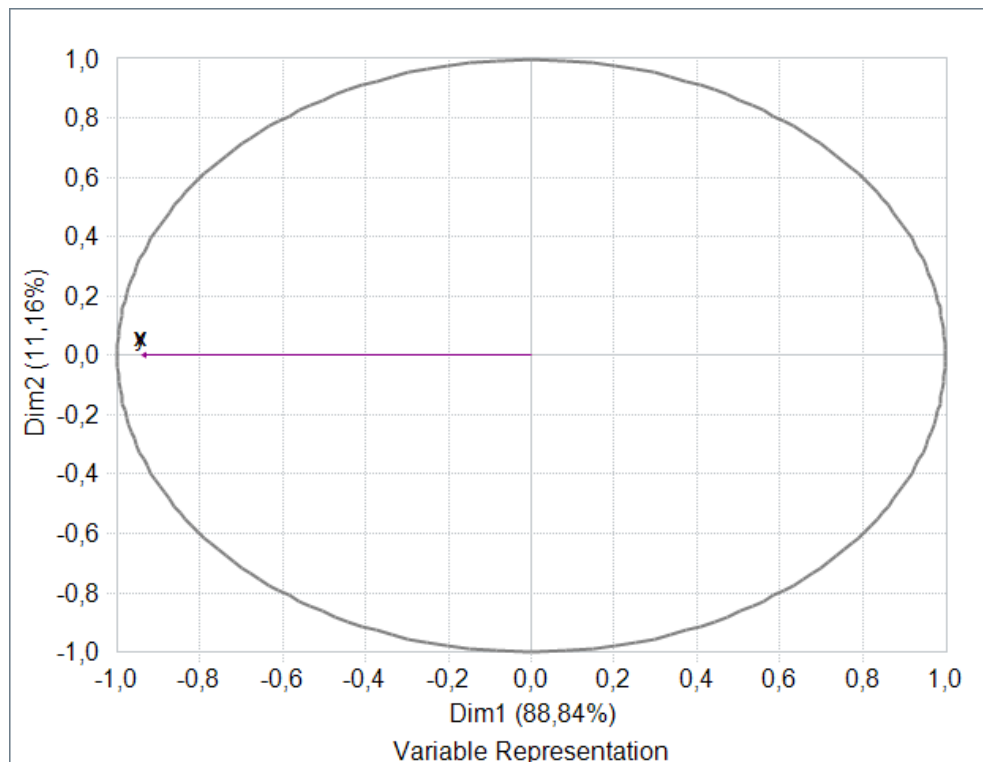


Abbildung 30: MFA-Biplot für die Variablen mit (x= Kohäsion, y= Festigkeit)

Tabelle 26: UFP-Attribute (P1-P3)

P1=KL_S	P2=KL_M	P3=KL_B
(19) fest	(14) mitt. Kohäsion	(9) mitt. Kohäsion
(13) mitt. Kohäsion	(9) mittel fest	(8) weich
(7) kohäsiv	(9) fest	(8) sehr kohäsiv
(7) weich	(8) sehr kohäsiv	(7) sehr fest
(6) sehr fest	(7) weich	(7) mitt. Festigkeit
(5) sehr kohäsiv	(7) sehr fest	(6) kohäsiv
(4) bröckelig	(3) bröckelig	(5) fest
(2) mitt. Festigkeit	(3) kohäsiv	(5) sehr bröckelig
(2) sehr bröckelig	(1) sehr weich	(3) bröckelig
(1) sehr weich	(1) sehr bröckelig	(2) sehr weich
		(1) bröckelig

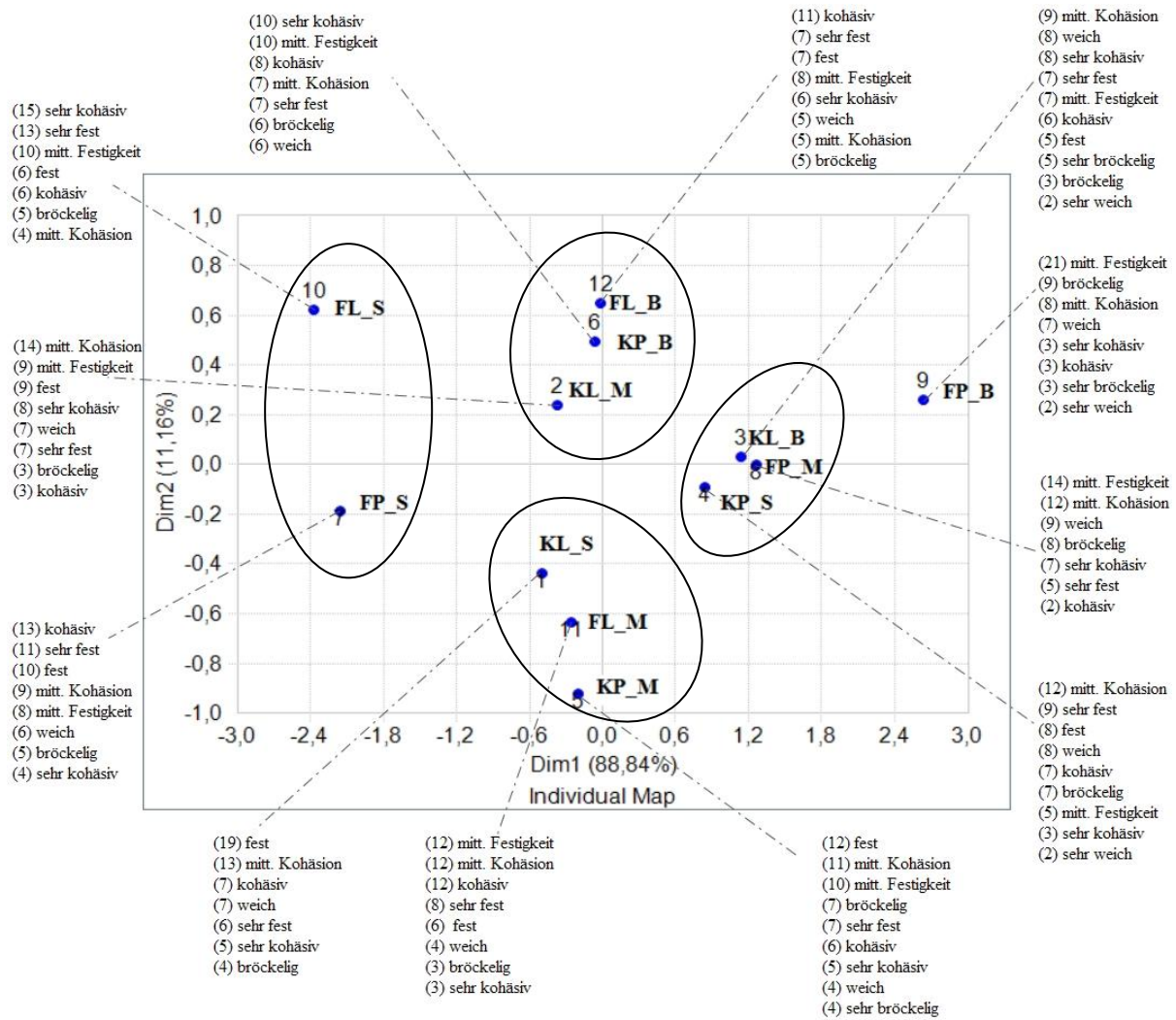


Abbildung 31: MFA Biplot + UFP Attribute

Tabelle 27: UFP-Attribute (P4-P6)

P4=KP_S	P5=KP_M	P6=KP_B
(12) mitt. Kohäsion	(12) fest	(10) sehr kohäsiv
(9) sehr fest	(11) mitt. Kohäsion	(10) mitt. Festigkeit
(8) fest	(10) mitt. Festigkeit	(8) kohäsiv
(8) weich	(7) bröckelig	(7) mitt. Kohäsion
(7) kohäsiv	(7) sehr fest	(7) sehr fest
(7) bröckelig	(6) kohäsiv	(6) bröckelig
(5) mitt. Festigkeit	(5) sehr kohäsiv	(6) weich
(3) sehr kohäsiv	(4) weich	(1) sehr bröckelig
(2) sehr weich	(4) sehr bröckelig	(1) fest
(1) sehr bröckelig		(1) sehr weich

Tabelle 28: UFP-Attribute (P7-P9)

P7=FP_S	P8=FP_M	P9=FP_B
(13) kohäsiv	(14) mitt. Festigkeit	(21) mitt. Festigkeit
(11) sehr fest	(12) mitt. Kohäsion	(9) bröckelig
(10) fest	(9) weich	(8) mitt. Kohäsion
(9) mitt. Kohäsion	(8) bröckelig	(7) weich
(8) mitt. Festigkeit	(7) sehr kohäsiv	(3) sehr kohäsiv
(6) weich	(5) sehr fest	(3) kohäsiv
(5) bröckelig	(2) kohäsiv	(3) sehr bröckelig
(4) sehr kohäsiv	(1) sehr bröckelig	(2) fest
	(1) sehr weich	(2) sehr weich
		(1) sehr fest

Tabelle 29: UFP-Attribute (P10-P12)

P10=FL_S	P11=FL_M	P12=FL_B
(15) sehr kohäsiv	(12) mitt. Festigkeit	(11) kohäsiv
(13) sehr fest	(12) mitt. Kohäsion	(7) sehr fest
(10) mitt. Festigkeit	(12) kohäsiv	(7) fest
(6) fest	(8) sehr fest	(8) mitt. Festigkeit
(6) kohäsiv	(6) fest	(6) sehr kohäsiv
(5) bröckelig	(4) weich	(5) weich
(4) mitt. Kohäsion	(3) bröckelig	(5) mitt. Kohäsion
(2) weich	(3) sehr kohäsiv	(5) bröckelig
	(1) sehr weich	(3) sehr bröckelig
		(3) sehr weich

Die Produkte wurden anhand der Bewertung der Panellisten mittels der Multiple Factor Analysis (MFA) ausgewertet. Im Allgemeinen konnte festgehalten werden, dass je näher zwei Produkte oder näher beieinander diese sich befanden, desto ähnlicher sie bewertet wurden, mithin je entfernter zwei Produkte oder mehr voneinander lagen, desto unterschiedlicher sie waren. Des Weiteren lagen die Variablen „x“ (für die Kohäsion) und „y“ (für die Festigkeit) auf dem negativen Bereich der X-Achse der Biplot-Grafik und korrelierten miteinander recht gut (siehe Abbildungen 29, 30). Festgestellt werden konnte ferner, dass die Produkte, die sich auf der linken Hälfte der Biplot-Grafik befanden, am festesten und kohäsivsten waren. In diesem Bereich lagen die Proben FL_S und FP_S mit den höchsten Kohäsion- und Festigkeitsbewertungen. Diese Gruppe wurde mit den Attributen „fest bis sehr fest“ sowie „kohäsiv bis sehr kohäsiv“ seitens der Prüfpersonen beschrieben, wohingegen eine weitere Gruppe den Hauptattributen „mittlere Kohäsion“ und „mittlere Festigkeit“ sowie „fest“

entsprach. Zu dieser Gruppe gehören die Produkte KL_S, FL_M und KP_M. Darüber hinaus bildet sich eine andere Gruppe mit den Produkten FL_B, KP_B und KL_M, welche am häufigsten als „kohäsiv bis sehr kohäsiv“ charakterisiert wurde. Dazu wurden Attribute wie „fest“ und „weich“ abwechselnd von den Prüfern erwähnt. Eine letzte Gruppe lässt sich mit den Hauptattributen „mittlere Festigkeit“, „mittlere Kohäsion“ sowie „weich“ und „bröckelig“ feststellen. Zu dieser Gruppe gehören KL_B, FP_M und KP_S Produkte. Hierbei fiel den Panellisten es schwierig einen deutlichen Unterschied innerhalb der Fruchtssegmente zu erkennen. Das Produkt FP_B lag am rechten Ende der Biplot-Grafik und zeigte damit die geringsten Festigkeit- und Kohäsionswerte auf, sodass diese Probe mit den entsprechenden Attributen „bröckelig“ und „weich“ beschrieben wurde. Die Distanzierung der Proben FP_S, FP_M und FP_B wies einen von den Panellisten erkannten Unterschied innerhalb der Gurkensegmente der gleichen Charge auf. Laut der Bewertung der Prüfpersonen konnte festgestellt werden, dass die Kohäsion- und Festigkeitswerte dieser Gurkencharge vom Stielende bis zum Blütenende hin abnahmen. Diese Tendenz wurde von den Prüfpersonen teilweise und nicht ständig wahrgenommen. Zudem erhielten die aus dem Anbaugebiet „F“ stammenden Produkte höheren Kohäsion- und Festigkeitsbewertungen als die aus dem Anbaugebiet „K“ stammenden Produkten. Außerdem ließen sich die Proben von der Sorte „L“ als fester und kohäsiver als die Proben „P“ bezeichnen.

4.5. Vergleich der instrumentellen Methoden

4.5.1. Vergleich der Texturprofilanalyse mit der Warner-Bratzler-Methode

Die eingesetzten instrumentellen Methoden zur Ermittlung der Textur der Essiggurken sind tatsächlich unterschiedlich voneinander. Ebenfalls sind die ermittelten Parameter der beiden Methoden unterschiedlich und führen gemeinsam zur Charakterisierung der Textur der untersuchten Proben. Demzufolge ist ein Vergleich zwischen diesen Methoden und deren Parametern bedenkenswert. In diesem Vergleich werden Zusammenhänge zwischen den unterschiedlichen Parametern studiert und möglichst Beziehungen erforscht. Zum Vergleich wurde eine Rangkorrelation nach Spearman durchgeführt, im Zuge dessen die beurteilten Proben entsprechenden Rängen zugeordnet und miteinander verglichen wurden. Mittels der Korrelationsanalyse wird nach dem „Intensitätsgrad“ eines Zusammenhangs zwischen zwei Merkmalen gesucht (Weichmann, 1997). Zum Vergleich wurden die beiden instrumentellen Methoden mit jeweils zwei deren Parametern berücksichtigt. Die erlangten

Korrelationskoeffizienten sind in den Tabellen 30 und 31 dargestellt. Gleichzeitig wird die graphische Darstellung der erhaltenen Beziehungen zwischen den untersuchten Parametern in Form einer Punktwolkengrafik aufgezeigt.

Tabelle 29: Korrelationskoeffizienten für die Beziehung zwischen Werten der TPA-Methode und der WB- Maximalkraft

	TPA-Härte mit 25% Kompression	TPA-Härte mit 60% Kompression	TPA-Kohäsion mit 25% Kompression	TPA-Kohäsion mit 60% Kompression
WB- Maximalkraft	-0,63	-0,37	0,37	0,75

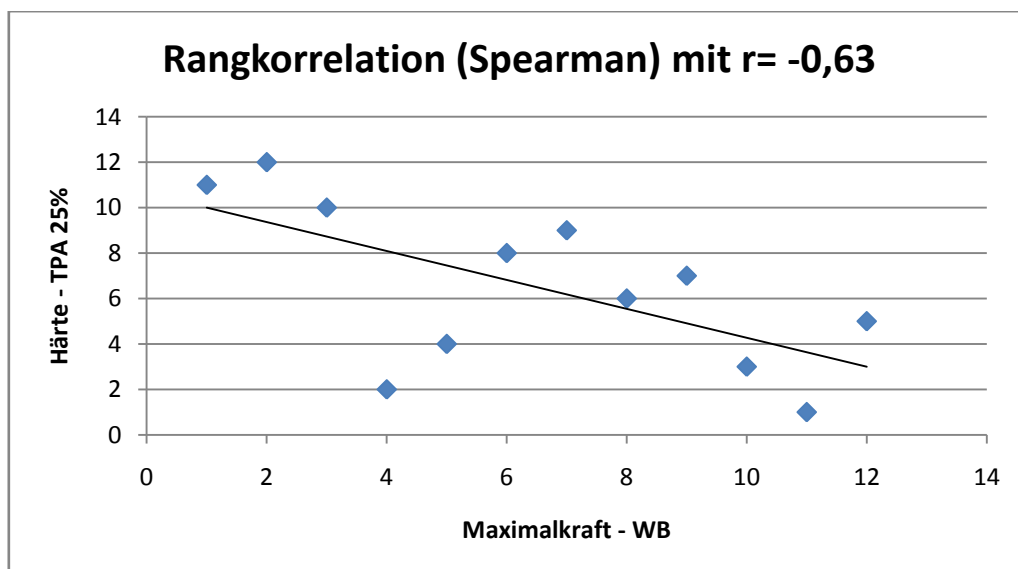


Abbildung 32: Rangkorrelation zwischen Härte - TPA25% und Maximalkraft - WB

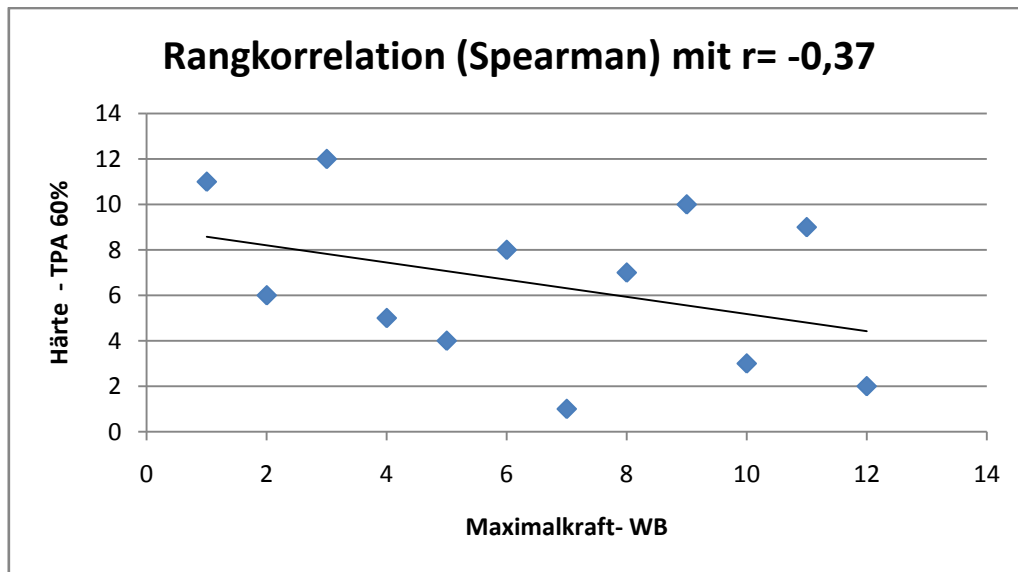


Abbildung 33: Rangkorrelation zwischen Härte - TPA 60% und Maximalkraft - WB

Zunächst wird der Zusammenhang zwischen der „WB-Maximalkraft“ und den TPA-Parametern, „Härte“ und „Kohäsion“, verglichen. Die statistische Analyse nach Spearman ergab, dass es sich im Hinblick auf die Beziehung zwischen der „Maximalkraft“ und dem TPA-Parameter „Härte“ bei beiden vorgegebenen Kompressionen um eine negative Korrelation handelte. Auf der einen Seite und bei der TPA-Methode mit 25% Kompression hatte der Korrelationskoeffizient den Wert $r = -0,63$. Auf der anderen Seite und bei 60% Kompression betrug der Spearmankoeffizient um $r = -0,37$. Im Gegensatz dazu wies die „Maximalkraft“ der WB-Methode eine positive Beziehung mit dem TPA-Parameter „Kohäsion“ auf. Bei der Kompression von 25% betrug der Korrelationskoeffizient um $r = 0,37$. Darüber hinaus wurde eine höhere positive Beziehung mit einer Kompression von 60% mit $r = 0,75$ erlangt.

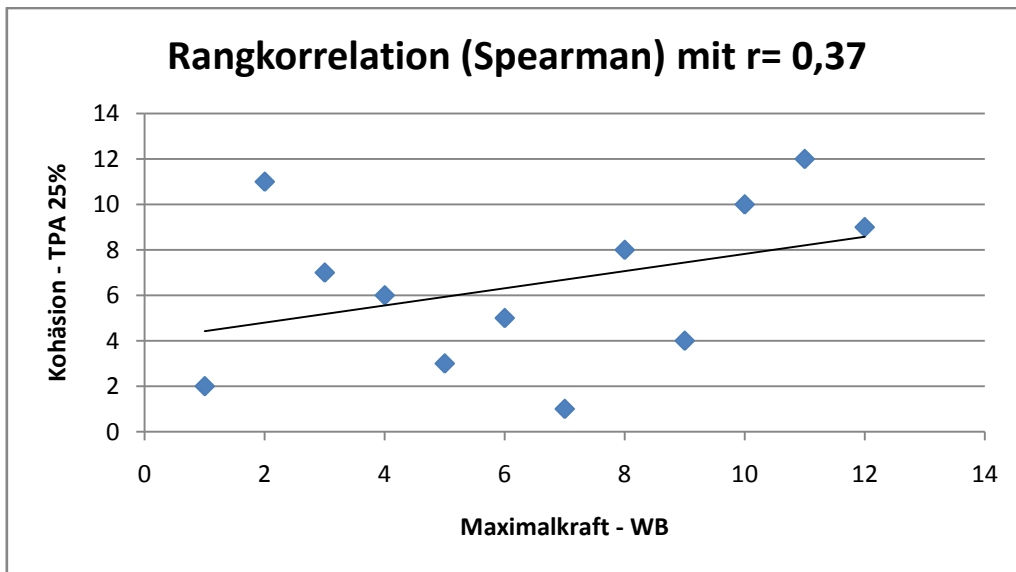


Abbildung 34: Rangkorrelation zwischen Kohäsion - TPA 25% und Maximalkraft - WB

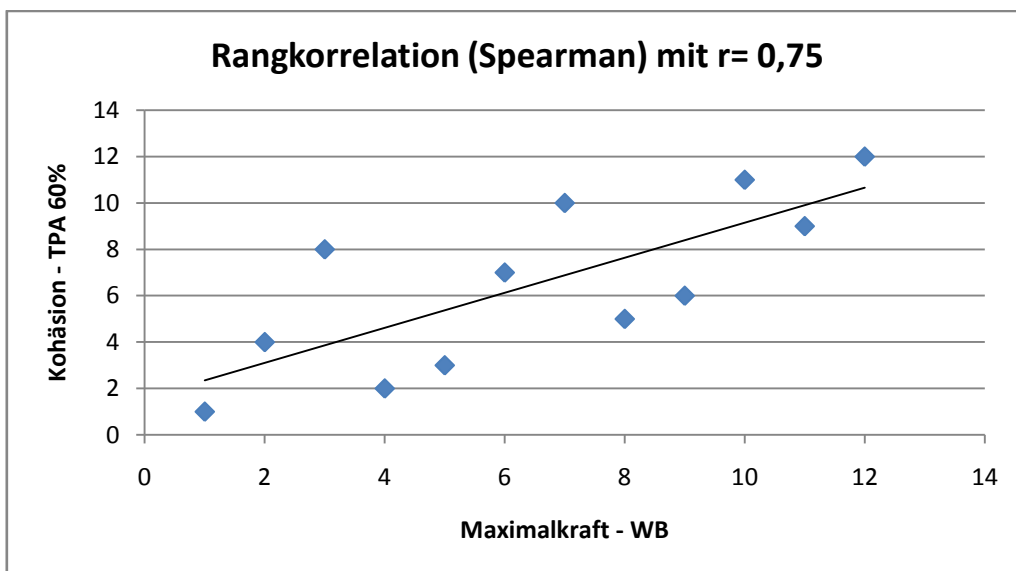


Abbildung 35: Rangkorrelation zwischen Kohäsion - TPA 60% und Kraft - WB

Tabelle 30: Korrelationskoeffizienten für die Beziehung zwischen Werten der TPA-Methode und der „WB- Steigung“

	TPA-Härte mit 25% Kompression	TPA-Härte mit 60% Kompression	TPA-Kohäsion mit 25% Kompression	TPA-Kohäsion mit 60% Kompression
Steigung-WB (Knackigkeit)	-0,41	0,28	0,37	0,77

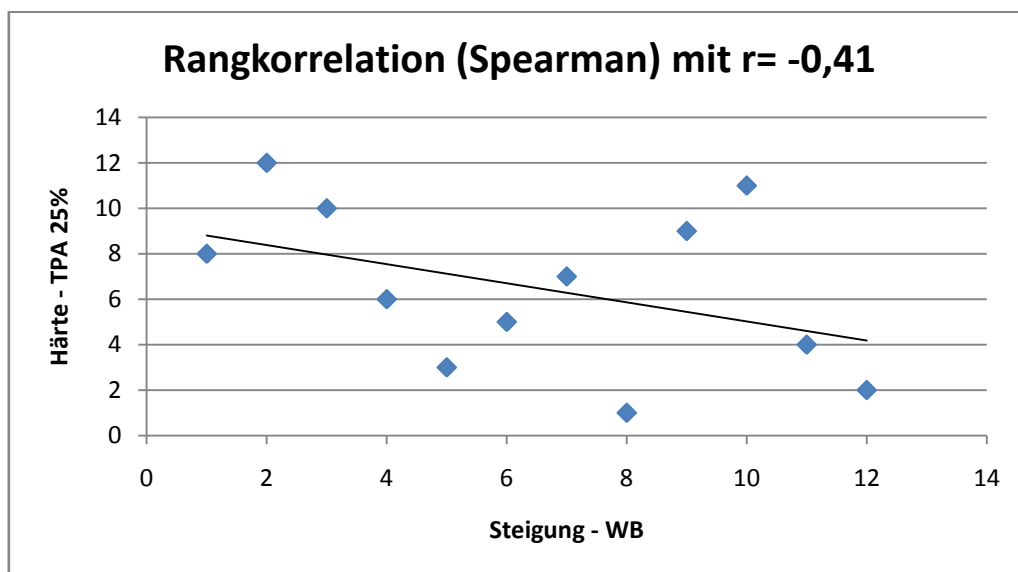


Abbildung 36: Rangkorrelation zwischen Härte - TPA 25% und Steigung - WB

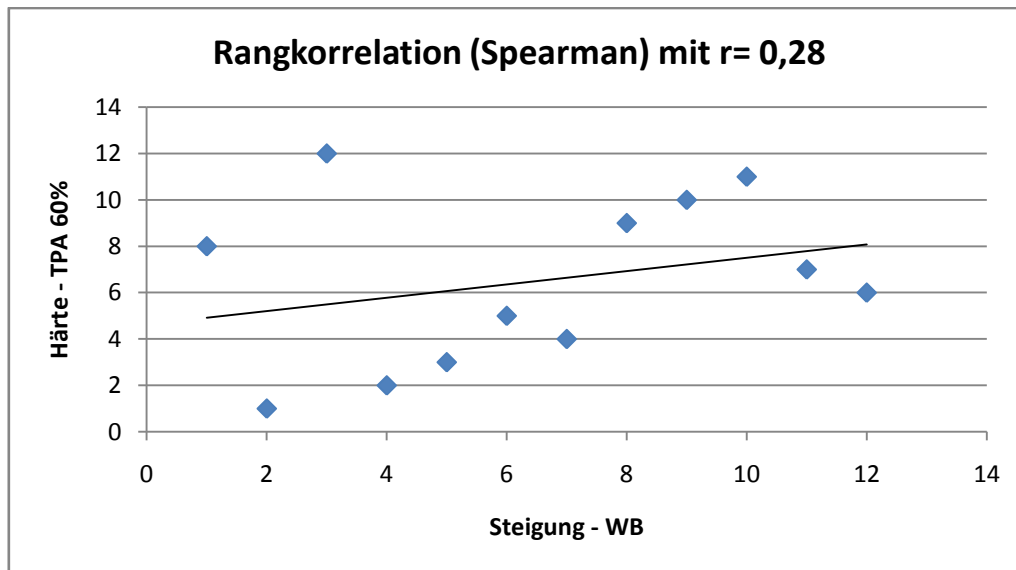


Abbildung 37: Rangkorrelation zwischen Härte - TPA 60% und Steigung - WB

Der Vergleich der beiden instrumentellen Methoden wird gleichfalls in Bezug auf den WB-Parameter „Steigung“ untersucht. Die Korrelationsanalyse mit dem „TPA-Härte-Parameter“ ergab einerseits eine negative Beziehung bei einer Kompression von 25% mit $r= -0,41$. Andererseits und bei der Kompression von 60% wurde eine positive Korrelation zwischen den beiden Parametern mit $r= 0,28$ determiniert. Eine positive Korrelation wurde zudem zwischen den Parametern „WB-Steigung“ und „TPA-Kohäsion“ im Falle beider eingestellten Kompressionen festgestellt, wobei der Korrelationskoeffizient sich bei 25% Kompression um $r= 0,37$ und bei 60% Kompression um $r= 0,77$ betrug.

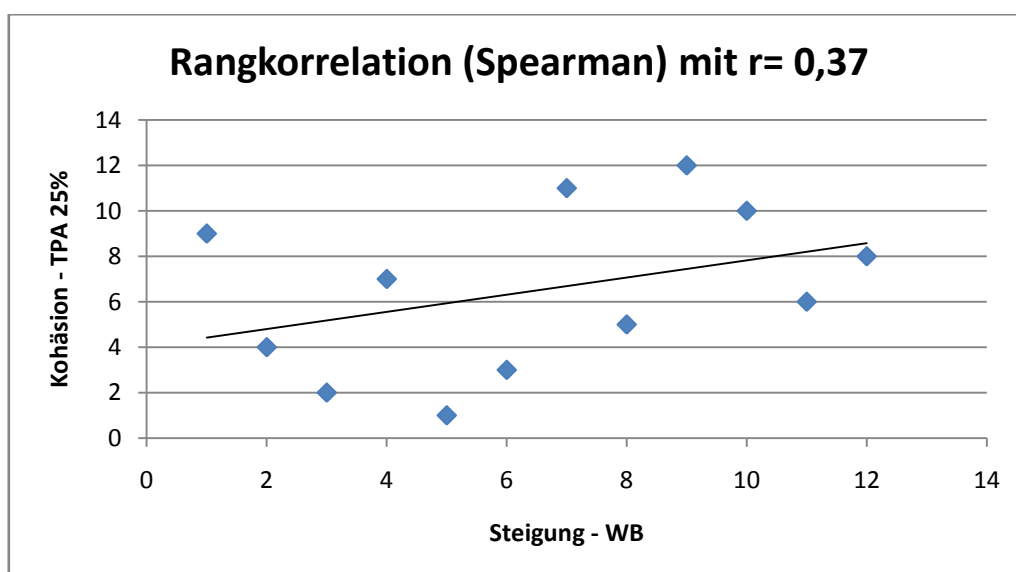


Abbildung 38: Rangkorrelation zwischen Kohäsion - TPA 25% und Steigung - WB

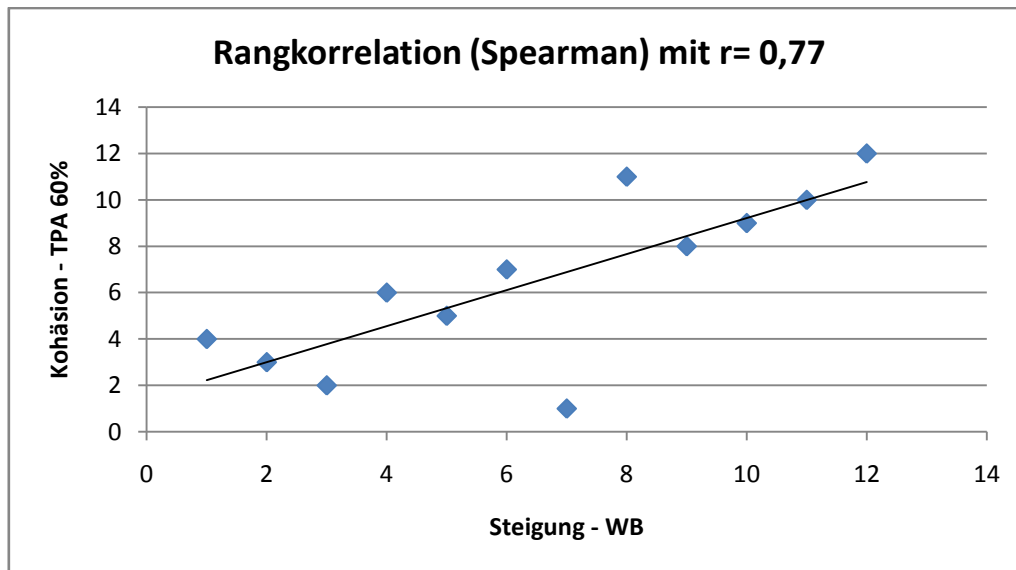


Abbildung 39: Rangkorrelation zwischen Kohäsion - TPA 60% und Steigung - WB

4.6. Korrelation zwischen den instrumentellen und den sensorischen Methoden

4.6.1. Vergleich der sensorischen Methoden und der TPA-Methode

Um die Beziehung zwischen den eingesetzten instrumentellen und sensorischen Methoden zu studieren, wurde eine Korrelationsanalyse nach Spearman durchgeführt. Diesbezüglich sind die erhaltenen Korrelationskoeffizienten den Tabellen 30 und 31 zu entnehmen. Die graphischen Darstellungen der entstandenen Beziehungen sind Gegenstand der Abbildungen 40-45 zu sehen.

Tabelle 30: Korrelationskoeffizienten für die Beziehung zwischen der Parameter der TPA Methode und sensorischen Methoden

	TPA-Härte mit 25% Kompression	TPA-Härte mit 60% Kompression	TPA- Kohäsion mit 25% Kompression	TPA- Kohäsion mit 60% Kompression
sensorische Bewertung (Festigkeit, Kohäsion)	-0,57	-0,47	0,29	0,46

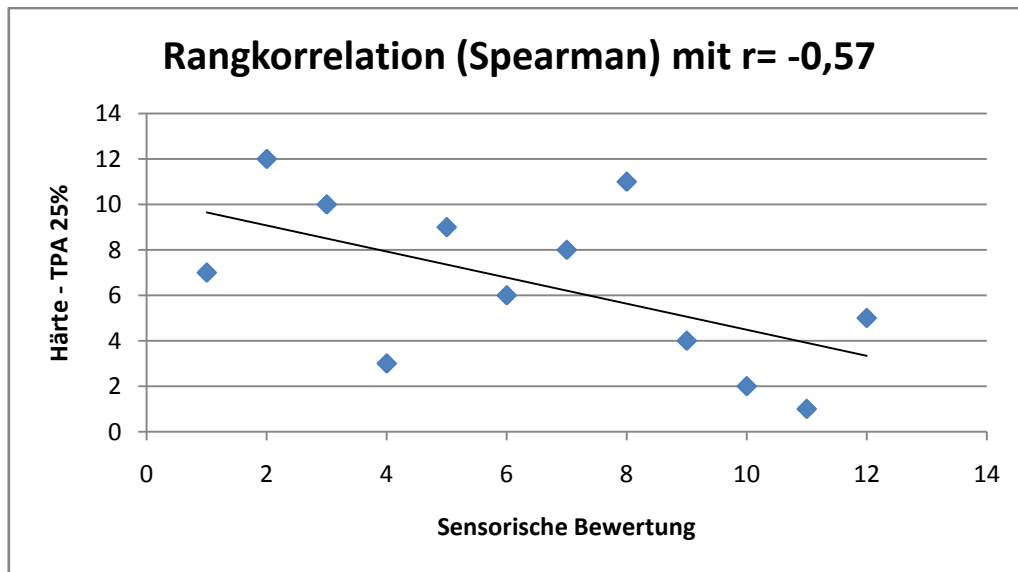


Abbildung 40: Rangkorrelation zwischen Härte - TPA 25% und sensorische Bewertung

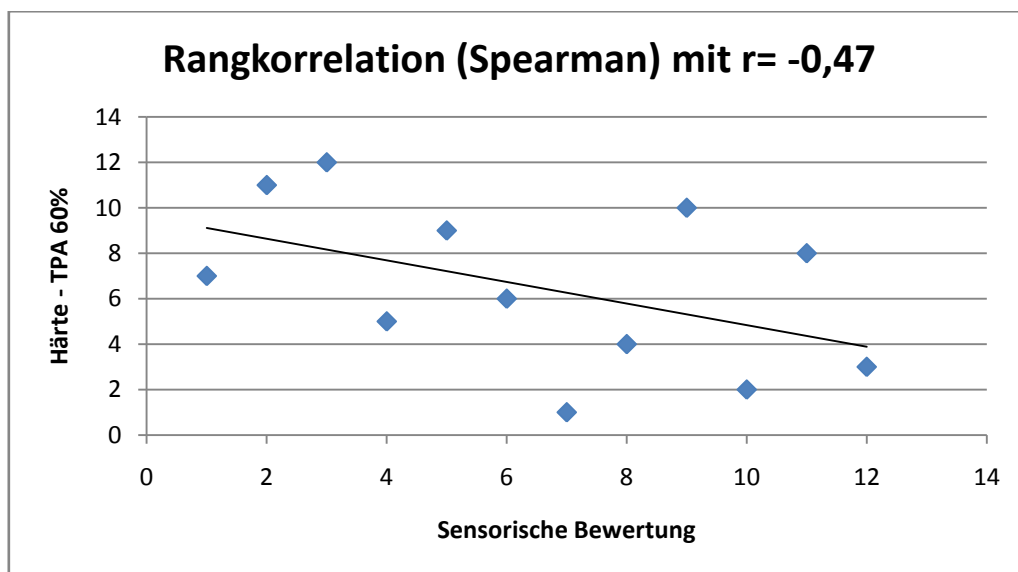


Abbildung 41: Rangkorrelation zwischen Härte - TPA 25% und sensorische Bewertung

Hinsichtlich des „TPA-Härte-Parameters“ wurden negative Korrelationen mit den sensorischen Bewertungen mit $r = -0,57$ bei der Kompression von 25% und $r = -0,47$ bei der Kompression von 60% festgestellt.

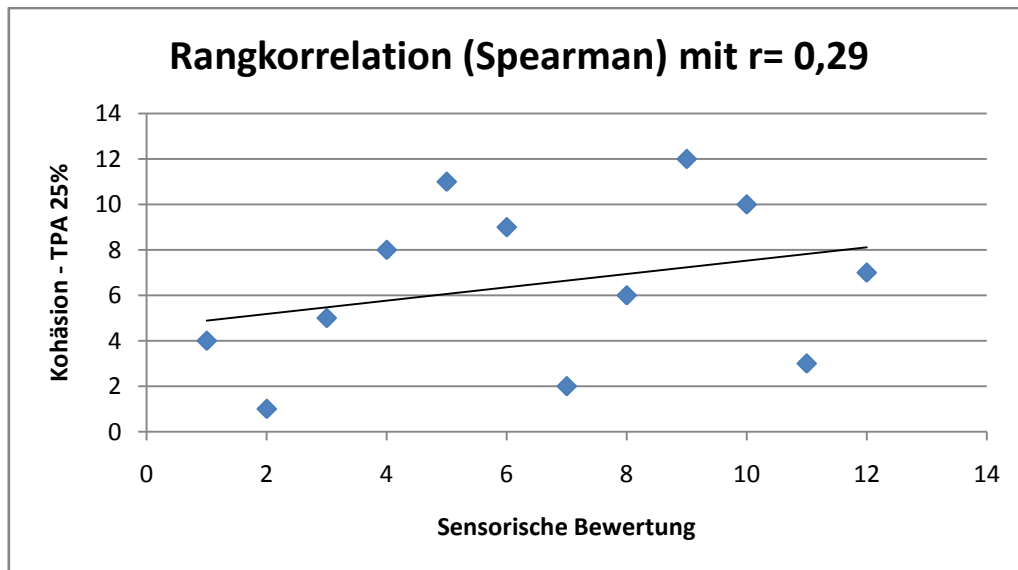


Abbildung 42: Rangkorrelation zwischen Kohäsion - TPA 25% und sensorische Bewertung

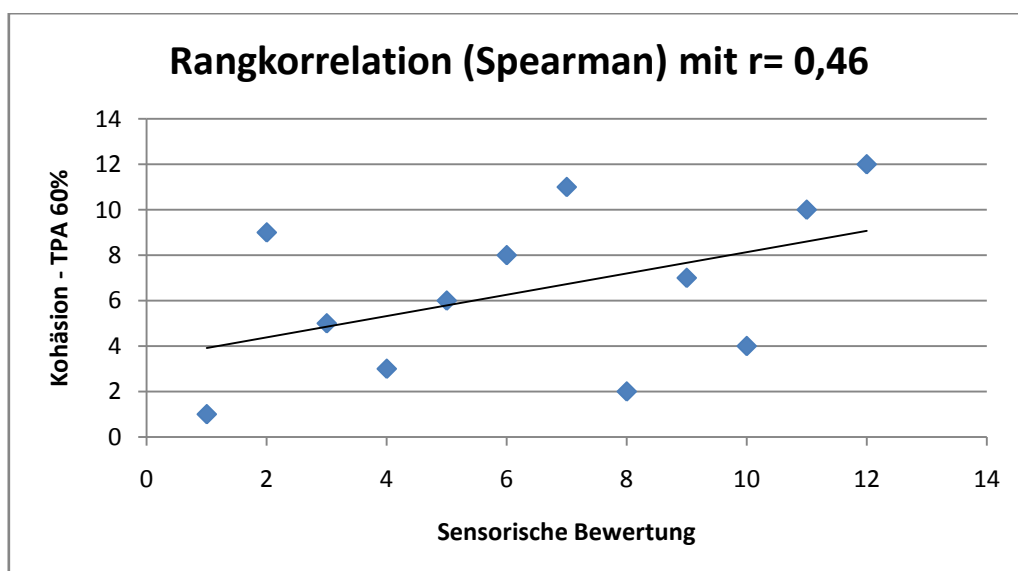


Abbildung 43: Rangkorrelation zwischen Kohäsion - TPA 60% und sensorische Bewertung

Die ermittelten Werte des TPA-Parameters „Kohäsion“ bei beiden Kompressionsintensitäten korrelieren positiv mit den sensorischen Bewertungen. Auf der einen Seite betrug sich der Spearmankoeffizient um $r = 0,29$ bei 25% Kompression. Auf der anderen Seite und bei 60% Kompression lag der Wert bei $r = 0,46$.

4.6.2. Vergleich der sensorischen Methoden und der Warner-Bratzler-Methode

Um die Beziehung zwischen den ermittelten Parametern der Warner-Bratzler-Methode mit den sensorischen Bewertungen zu untersuchen, wurde eine Korrelationsanalyse nach Spearman durchgeführt. Dabei wurden die ermittelten Werte der „WB-Maximalkraft“ sowie des WB-Parameters „Steigung“ mit den sensorischen Beurteilungen in Betrachtung gezogen.

Tabelle31: Korrelationskoeffizienten für die Beziehung zwischen den Parametern der WB-Methode und sensorischen Methoden

	WB-MaximalKraft (Festigkeit)	WB-Steigung (Knackigkeit)
sensorische Bewertung (Festigkeit, Kohäsion)	0,71	0,04

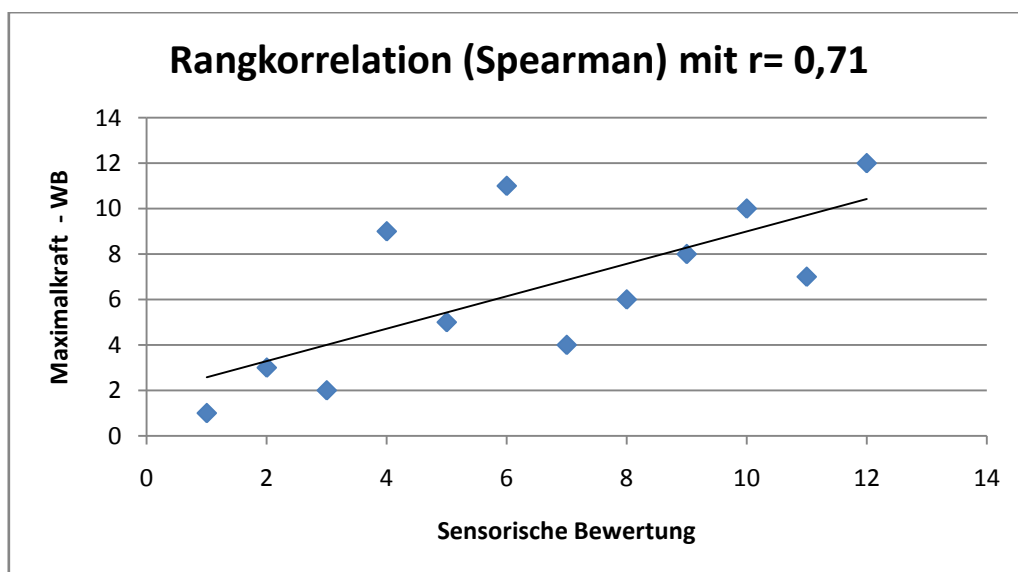


Abbildung 44: Rangkorrelation zwischen Maximalkraft - WB und sensorische Bewertung

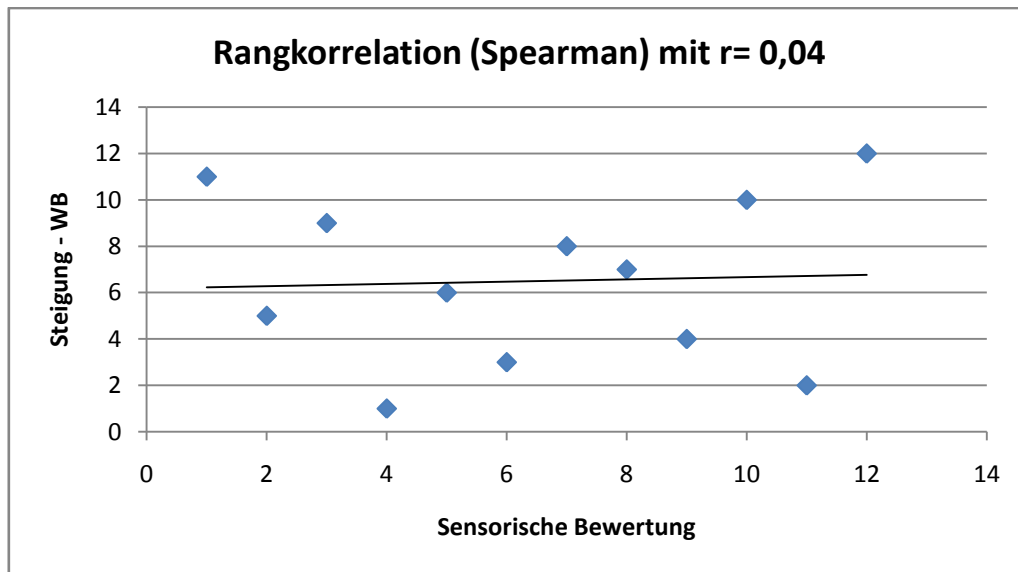


Abbildung 45: Rangkorrelation zwischen Steigung - WB und sensorische Bewertung

Einerseits wurde eine hohe positive Korrelation zwischen der ermittelten „Maximalkraft“ und den sensorischen Bewertungen mit $r= 0,71$ festgestellt. Andererseits stellte die Beziehung zwischen den sensorischen Bewertungen und dem Parameter „WB-Steigung“ eine leicht positive Korrelation mit $r= 0,04$ dar.

5. Diskussion

Bei den Ergebnissen wurden dank der statistischen Auswertung der Daten der verschiedenen eingesetzten instrumentellen sowie sensorischen Methoden zur Beurteilung der Textur von Essiggurken signifikante Unterschiede erfasst. Diese ermittelten Unterschiede sollten interpretiert und mit den Angaben der Fachliteratur verglichen werden.

5.1. Ermittelte Texturunterschiede mit der TPA-Methode

Bei den sieben ermittelten TPA-Parametern konnten dank der statistischen Analyse signifikante Unterschiede sowohl innerhalb der Gurkensegmente als auch innerhalb der Gurkenchargen mit beiden vorgegebenen Kompressionsintensitäten festgestellt werden. Allgemein wies die TPA-Methode mit der eingestellten Kompression von 60% mehr signifikante Unterschiede bei den meisten ermittelten Parametern als die 25% Kompression auf. Des Weiteren lieferte die TPA-Methode mit 25% Kompression keine Werte für den Parameter „Bissfestigkeit“, welche nur bei der Kompressionsintensität von 60% dank der im System aufgezeichneten Brüche zu betrachten waren. Dieser Parameter ist dafür geeignet, die Knusprigkeit des untersuchten Materials zu ermitteln (Szczeniak, 1963). Die Betrachtung dieses Parameters bei der Ermittlung der Textur der Essiggurken wäre in den nächsten Studien sinnvoll. Vickers (1988) fand heraus, dass der Einsatz akustischer Methoden bei der Ermittlung der Knusprigkeit sehr bedeutsam ist. Durch die Verwendung eines speziellen Mikrofones könnten die Geräusche, die dank der ausgeübten Kompression entstehen würden, ermittelt werden. Ferner wäre es zu empfehlen, die akustischen Methoden mit der maschinellen TPA-Methode zu kombinieren und die entstandenen Ergebnisse in der Texturbestimmung der Essiggurken zu berücksichtigen.

Außerdem unterschieden sich bei den beiden eingestellten Kompressionen die aus dem Blütenende stammenden Proben von den anderen Segmenten zumeist signifikant, vor allem von dem stielendenden Segment. Breene et al. (1972) studierten die Textureigenschaften der Gurken und deren Segmente. In ihrer Arbeit wurde festgestellt, dass die stiel- und blütenendenden Segmente unterschiedliche Textureigenschaften besitzen. In der vorliegenden Arbeit war es schwierig, ein gleichhaltendes Verhältnis der Textur der Gurkensegmente anhand der TPA-Methode bei allen ermittelten Parametern festzustellen. Zumeist war zu beobachten, dass das mittlere Segment durchschnittliche Werte und somit die zweite Stelle

zwischen den beiden anderen Segmenten enthielt. Eine Ausnahme gab es bei der „Adhäsion“, da das mittlere Segment insoweit die höchsten Werte besaß. Im Hinblick auf die Parameter „Kohäsion“ sowie „Elastizität“ innerhalb der beiden ausgewählten Kompressionen war es der Fall, dass die Textur vom Stiel- bis zum Blütenende hin abnimmt. Dies wurde bereits in vorangegangenen Studien, unter anderem von Stähle-Hamatschek (1985) und Weichmann (1997), festgestellt. Verwunderlich war es im Falle der ermittelten „Härte“ innerhalb beider Kompressionen, wobei diese Tendenz nicht bestätigt werden konnte. Dies könnte auf die Art und Weise des Druckens bzw. des Pressens des Prüfkörpers auf die Probe zurückführen sein. In den nächsten Punkten wird eine weitere Interpretation dieses Phänomens folgen. Überdies hätten präzisere Ergebnisse bei der TPA-Methode erzielt werden können, wenn mit einem größeren Probenumfang gearbeitet worden wäre. Jedoch wurden in dieser Studie jeweils sieben Proben zur maschinellen Texturprofilanalyse verwendet. In der Fachliteratur von Weichmann (1997) und Breene (1972) wird empfohlen, mit einem minimalen Stichprobenumfang von zwölf Gurkenfrüchten zu arbeiten. Laut ihnen werden erst ab diesem Stichprobenumfang die Streuung der Ergebnisse minimiert und genauere Ergebnisse erzielt. In dieser Arbeit war es aufgrund des eingeschränkten Probenmaterials nicht möglich, eine größere Stichprobe in den Versuchen zu benutzen.

Auf der anderen Seite und im Hinblick auf die Gurkenchargen wurden signifikante Unterschiede innerhalb der Gurkensorten sowie innerhalb der Anbauorte ermittelt. Die Charge FL wies am meisten signifikante Unterschiede zu den anderen untersuchten Gurkenchargen auf. Häufiger waren die Unterschiede innerhalb der ausgewählten Gurkensorten zu beobachten, da die FL Charge beispielsweise oft signifikant unterschiedliche Textureigenschaften zu den Chargen FP und KP aufwies. Im Gegensatz dazu und in Bezug auf die Anbauorte waren weniger signifikante Unterschiede festzustellen. Weichmann (1997) betont zudem, dass neben genetisch bedingten Einflüssen noch Umwelteinflüsse zur Veränderung der Textur der Gurken berücksichtigt werden müssen.

5.2. Ermittelte Texturunterschiede mit der Warner-Bratzler-Methode

Ebenfalls wurden die erhaltenen Daten der WB-Methode mittels der statistischen Methoden ausgewertet. Dies ergab signifikante Unterschiede sowohl bei den Gurkensegmenten als auch bei den Gurkenchargen. Der aus der Blüte stammende Teil war bei der WB-Methode mit den

ermittelten Parametern signifikant unterschiedlich von den beiden anderen Segmenten. Dies unterstützt die Aussage, dass der Blütenendeteil abweichende Textureigenschaften als die übrigen Gurkenteile vor allem als der Sielenendeteil besitzt. Darüber hinaus wurde dank der WB-Methode zumeist bestätigt, dass die Textur vom Stiel- zum Blütenende hin abnimmt, was den Ergebnissen von Reichardt (2012) entspricht. Eine Ausnahme gab es im Falle des WB-Parameters „Steigung“, welcher die Knackigkeit der Gurken beschreibt (Meurer, 1991 in Reichardt, 2012). Dabei enthielt das mittlere Segment bei den Chargen FP und FL die höchsten Werte. Dies könnte möglicherweise auf die Anbaubedingungen der Gurken aus dem Anbaugbiet „F“ zurückführen. Insgesamt wurden mehr signifikante Unterschiede innerhalb der Anbauorte als innerhalb der Sorten festgestellt. Diesbezüglich fand Breene (1972) heraus, dass diese Unterschiede infolge starker saisonabhängiger Faktoren, wie zum Beispiel das Alter der Pflanze bzw. der Anlage, oder Wetterbedingungen bzw. Witterung, auftreten. Weichmann (1997) betonte ferner die erhebliche Wirkung der unterschiedlichen Witterung, welche das Ertragsverhalten der Gurken stark beeinflussen und auf diese Weise Änderungen an der Textur der Gurkenfrüchte verursachen. Wie bei der TPA-Methode wäre es empfehlenswert, bei der WB-Methode mit einem größeren Probenumfang zu arbeiten, um genauere und reproduzierbarere Ergebnisse zu erlangen. Des Weiteren wäre der Einsatz der akustischen Methoden bei der Ermittlung der „Knackigkeit“ bzw. der „Knusprigkeit“ sinnvoll.

5.3. Ermittelte Texturunterschiede mit den sensorischen Methoden

Die statistische Auswertung der Bewertung der Panellisten zeigte an, dass die Prüfpersonen grundsätzlich in der Lage waren, kleine Texturunterschiede innerhalb der untersuchten Gurkenfrüchte festzustellen. Allerdings wurden die zwölf untersuchten Proben nach den Textureigenschaften, namentlich „Kohäsion“ und „Festigkeit“, beurteilt. Anhand der Bewertung der Panellisten wurde festgestellt, dass diese Merkmale recht gut miteinander korrelierten. Fernerhin konnten die Proben in vier große Gruppen verteilt werden. Die Produkte mit den höchsten Kohäsion- und Festigkeitsbewertungen stammten aus dem stielendenden Segment, sodass diese Produkte zu einer gleichen Gruppe gehörten und mit den Attributen „fest bis sehr fest“ sowie „kohäsiv bis sehr kohäsiv“ beschrieben wurden. Zwei andere Gruppen ließen sich mit unterschiedlichen Bewertungen und Beschreibungen feststellen. Zu diesen Gruppen gehörten überwiegend die Proben, die aus dem mittleren Segment stammten, aber auch einige aus dem Stiel- und Blütenende. Zur Beschreibung der zu

diesen beiden Gruppen zugehörigen Proben wurden die Attribute „mittlere Kohäsion“ sowie „mittlere Festigkeit“ am häufigsten verwendet. Eine letzte Gruppe ließ sich mit drei Proben aus unterschiedlichen Segmenten sowie Gurkenchargen bilden. Die aus dem Blütenende stammende Probe der FP-Charge wurde mit den niedrigsten Kohäsion- und Festigkeitswerten sowie mit den entsprechenden Attributen „bröckelig“ und „weich“ charakterisiert. Der Abstand dieser Probe zu den anderen aus der gleichen Charge, namentlich FP_M und FP_S, zeigte an, dass die Panellisten die Tendenz der Abnahme der Textureigenschaften vom Stiel zur Blüte erkannt haben. Den Teilnehmern fiel es schwierig, ständig deutliche Unterschiede innerhalb des Probenmaterials festzustellen. Zu Fehlern könnte geführt haben, dass die Panellisten nicht genug geschult wurden. Wie in der Literatur von Murray et al. (2001) erwähnt wurde, erfordert eine sensorische Texturprofilanalyse eine umfangreiche und dauerhafte Schulung der Panellisten. Während der Schulung werden die Prüfpersonen in die Methoden eingeführt und gemeinsam passende Attribute zur Charakterisierung jedes einzelnen Merkmals anhand von Referenzprodukten festgesetzt (Busch-Stockfisch, 2015). Am besten wäre es, wenn diese Merkmale sich an den Parametern der maschinellen TPA anpassen würden. Des Weiteren haben die neuen Schnellmethoden wie Sorted Napping tatsächlich den Nachteil, dass die Proben alle gleichzeitig an den Panellisten eingereicht werden sollen, welches eine nachträgliche Einbindung der Proben nicht ermöglicht (DLG, 2016). Darüber hinaus ist es bei den Gurkenfrüchten besonders kompliziert, geringfügige Texturunterschiede zu erkennen, da das Fruchtgewebe aus drei unterschiedlichen Zonen, namentlich der Fruchtschale (Exocarp), dem Fruchtfleisch (Mesocarp) sowie dem Kernhaus (Endocarp), besteht. Da diese Bereiche eine deutlich unterschiedliche Textur, unter anderem Festigkeit und Kohäsion, aufweisen, sollten die Panellisten die Probenscheiben mittig und nicht nur am Rand wie beim gewöhnlichen Konsum der Essiggurken zerbeißen. Vor der Verkostung wurde zwar die Schnittstelle angezeigt, dennoch sollte ausdrücklich mitgeteilt werden, dass die Scheiben mittig zerteilt werden sollen. Außerdem stellte Thompson (1992) fest, dass die Härte von den Exocarp- und Mesocarpbereichen mit der Größe der Gurkenfrüchte zunimmt. Jedoch sahen die zu beurteilenden Gurkenscheiben nicht alle gleichmäßig aus. Dies könnte die Beurteilung der Panellisten beeinflusst haben.

5.4. Vergleich der instrumentellen Methoden

Die TPA-Methode liefert deutlich mehr Parameter zur Charakterisierung der Textur von Essiggurken als die WB-Methode. In Bezug auf die Hauptparameter dieser Methoden wurde

der Zusammenhang zwischen diesen beiden mechanischen Messverfahren geprüft. Im Wege der Berechnung der Korrelationskoeffizienten wurde erkundet, dass der „TPA-Härte-Parameter“ sich mit den WB-Parametern negativ korrelieren ließ. Eine Ausnahme galt bei der Kompression von 60% mit dem Parameter „WB-Steigung“, welcher die Knackigkeit der Gurken beschreibt. Auf der anderen Seite ließ sich der TPA-Parameter „Kohäsion“ mit beiden WB-Parametern positiv korrelieren, wobei die TPA-Methode mit 60% Kompression wesentlich höhere Korrelationen als die Kompression von 25% erzielte. Fernerhin konnte anhand der WB-Methode zumeist bestätigt werden, dass die Textur der untersuchten Gurkensegmente vom Stielende bis zum Blütenende hin abnahm, was den Ergebnissen der Fachliteratur von Weichmann (1997) und Reichardt (2012) entspricht. Diese Tendenz konnte anhand der TPA-Methode hauptsächlich hinsichtlich des Parameters „Kohäsion“ bestätigt werden, welcher die höchsten positiven Korrelationen mit den WB-Parametern aufwies. Im Gegensatz dazu konnte die gleiche Tendenz beim TPA-Parameter „Härte“ nicht bewiesen werden. Die „Härte“ oder wie bereits definiert „Kraft zur Erreichung einer vorgegebenen Deformation“ wird durch das Pressen auf die Probe vom Texture Analyser ausgeübt. In den Versuchen wurde der Texture Analyser mit einem zylindrischen Prüfkörper bzw. Stempel mit einer flachen Fläche eingerichtet. Der eingesetzte Prüfkörper hatte eine deutlich größere Fläche als die zu untersuchende Probenfläche. Breene et al. (1975) fanden heraus, dass wenn die Fläche des Kompressionstempels grösser als die Probenfläche ist, lassen sich die aufgezeichneten Kräfte auf die Kompression zurückführen und andersrum die Kräfte auf eine Kombination zwischen Kompression und Scherkräfte zurückführen. Allerdings ist die Probenfläche von Gurken einheitlich nicht homogen aufgebaut und besteht vielmehr aus drei unterschiedlichen Zonen. Es könnte sein, dass während des Drückens bzw. Pressens zum großen Teil der äußere Bereich (Exocarp) und der damit verbundene Mesocarp-Bereich betroffen sind, welche eine höhere Festigkeit als der innere Bereich (Endocarp) besitzen. Wenn durch das Druckverfahren zum Großteil die Kraft der relativ festen Bereiche gemessen wird, könnte dies die Messergebnisse und somit die erwartete Tendenz innerhalb der Gurkensegmente beeinflussen. Im Rahmen der Arbeit von Jeon et al. (1975) wurde bei bestimmten Versuchsreihen auf die Fruchtschale verzichtet. Dies könnte eine Alternative darstellen, um den Zusammenhang zwischen der Größe des Prüfkörpers und der Probendruckfläche in den nächsten Arbeiten weiter zu studieren. Dieses Problem tritt bei der WB-Methode eher nicht auf, da es sich von Beginn an um einen Schneidprozess und nicht um eine Kompression handelt. Interessant wäre es zugleich, mikroskopische Untersuchungen des Fruchtgewebes sowie der Zellgrößen in die Beurteilung mit zu berücksichtigen. Darüber

hinaus stellte Weichmann (1997) bei seiner Untersuchung der Vergleichbarkeit verschiedener Methoden zur Texturermittlung von Einlegegurken hohe positive Korrelationen zwischen der maschinellen TPA und der Scherkraftmessung in Bezug auf die Festigkeit und auf die Knackigkeit fest. Jedoch wurden diese Korrelationen bei frischen Einlegegurken erlangt. Diese Ergebnisse sind mit Vorsicht zu betrachten, da die Textur der Gurkenfrüchte nach dem Konservierungsprozess ihre Eigenschaften verändern könnte. Außerdem enthalten die konservierten Einlegegurken durch die Absorption des Aufgusses mehr Wasser in ihren Gewebezellen als die unverarbeiteten Früchte, welches einen möglichen Einfluss auf die gesamte Textur besonders auf die Festigkeit bzw. die Knackigkeit des Materials hat. Da in dieser Arbeit nur mit eingelegten Gurken gearbeitet wurde, ist es kritisch, die Ergebnisse direkt miteinander zu vergleichen. Dementsprechend ist es zu empfehlen, sowohl an frischen als auch an verarbeiteten Einlegegurken zu arbeiten und durch die Konservierung mögliche entstandene Veränderungen bezüglich der Textur zu untersuchen. Des Weiteren ist es ratsam, mit einem größeren Probenumfang zu arbeiten, um genauere und reproduzierbare Ergebnisse zu erhalten.

5.5. Vergleich der instrumentellen und sensorischen Methoden

Die entstandenen Korrelationen zwischen den instrumentellen und sensorischen Methoden waren insgesamt befriedigend. Auf der einen Seite erzielte die WB-Methode mit beiden Parametern „Steigung“ und „Maximalkraft“ eine positive Korrelation mit den sensorischen Bewertungen. Vor allem war die Beziehung zwischen der ermittelten „Maximalkraft“ mit den sensorischen Bewertungen besonders gut. Im Hinblick auf die „Maximalkraft“ war es möglich, geringfügige Texturunterschiede innerhalb der Gurkenchargen sowie innerhalb deren Segmente festzustellen. Innerhalb der Segmente herrschte die Tendenz, dass die Festigkeit vom Stielende bis zum Blütenende hin abnahm. Dazu enthielten die Proben aus dem Anbauggebiet „F“ relativ höhere Werte als die anderen aus dem Anbauggebiet „K“. Diese Aussagen konnten zum großen Teil mittels der sensorischen Beurteilung bestätigt werden. Dies unterstützt die Darlegung, dass die WB-Methode zur Texturermittlung von Essiggurken gut geeignet ist. Auf der anderen Seite ließ sich die TPA-Methode mit den sensorischen Angaben alternierend korrelieren. Einerseits war die Beziehung mit dem TPA-Parameter „Härte“ im Falle beider eingestellten Kompressionen eher negativ. Die dank des TPA-Parameters „Härte“ ermittelte Festigkeit ließ sich anschließend mit den sensorischen

Bewertungen schlecht korrelieren. Dies unterstützt die Hypothese, dass der TPA-Parameter „Härte“ bei der in dieser Studie eingesetzten TPA-Methode nicht hinreichend effektiv war, die Festigkeit der untersuchten Gurken wie erwartet zu ermitteln. Eigentlich werden bei den eingesetzten sensorischen Methoden die Gurken quer zur Längsachse der Früchte zusammengepresst bzw. gebissen. Dagegen werden bei der maschinellen Texturprofilanalyse die Gurkenscheiben flach auf eine Platte gelegt und daraufhin zusammengepresst. Dieses Pressen erfolgt nicht punktuell wie mit den Zähnen bei der sensorischen TPA sondern flächig mit Hilfe des verwendeten Stempels (Weichmann, 1997). Darüber hinaus und dadurch, dass die Fläche des Stempels bzw. Prüfkörpers viel grösser als die Gurkenscheibe ist, wird die ermittelte Kraft auf eine pure Kompression und nicht auf eine Kombination zwischen Scherkräfte und Kompression zurückführen. Mit einem kleineren und besser geeigneten Druckstempel würde vermutlich die ermittelte „Härte“ mittels der TPA-Methode bessere Zusammenhänge mit den sensorischen Bewertungen im Hinblick auf die Festigkeit erzielen. Andererseits glich die Beziehung mit dem TPA-Parameter „Kohäsion“ einer positiven Korrelation. Dabei erzielte die TPA-Methode mit der Kompressionsintensität von 60% bessere Zusammenhänge als die TPA-Methode mit 25% Kompression. Die statistische Analyse der Werte des TPA-Parameters „Kohäsion“ konnte nachweisen, dass die „Kohäsion“ oder wie bereits begrifflich bestimmt der „Grad der Deformierbarkeit des Materials vor dem Zerschneiden“ der Gurkenproben vom Stielende bis zum Blütenende hin abnahm. Diese Tendenz wurde instrumentell dank der maschinellen TPA-Methode belegt und gleichzeitig sensorisch von den Panellisten wahrgenommen. Der Vergleich zwischen der maschinellen Methoden und der sensorischen Wahrnehmungen bei Essiggurken könnte in nächsten Studien erweitert werden, indem die Beziehung mehrerer instrumentellen Parameter unter anderem die „Knackigkeit“ bzw. die „Knusprigkeit“ mit den entsprechenden sensorischen Definitionen abgestimmt werden könnte. Am besten wäre es, mit Referenzprodukte zu arbeiten, damit die Prüfer ihr Gefühl gegenüber dem zu untersuchendem Merkmal entwickeln könnten. Da in dieser Arbeit auf die Festigkeit und Kohäsion Wert gelegt wurde, wäre die Ermittlung der „Knackigkeit“ sowie der „Knusprigkeit“ der Essiggurken, ein weiterer interessanter Schwerpunkt bei den nächsten Arbeiten instrumentell, akustisch sowie sensorisch, zu untersuchen. Zdunek et al. (2010) haben bereits die Beziehung zwischen der „Knackigkeit“ und der „Knusprigkeit“ bei Äpfel studiert. In der Studie wurden instrumentelle und akustische Prüfmethode kombiniert sowie sensorische Beurteilungen eingesetzt. Laut ihnen korrelierten die beiden Merkmale recht gut miteinander (Korrelationskoeffizient $>0,99$). Die akustischen Methoden dienten dazu die entstehenden Geräusche zu Ermitteln. Eine weitere Erhöhung der

Kompressionsintensität bei der TPA-Methode wäre denkbar, um die mögliche Korrelation mit der akustischen Diagnose dank der Schallemission während des Kompressionsvorgangs, weiter zu betrachten. Allerdings sollte auf die Lagerbedingungen des Untersuchungsmaterials geachtet werden, da sie bei der Bestimmung der Textur eine wichtige Rolle spielen. Zudem erwähnten Zdunek et al. (2010), dass die Lagerzeit sowie Lagermethode die „Knackigkeit“ und „Knusprigkeit“ der untersuchten Apfelproben beeinflusst haben.

Darüber hinaus stellte Breene (1972) fest, dass die Standardisierung der zu untersuchenden Gurkenproben sehr schwierig zu erzielen sei. Um die Inhomogenität des Probenmaterials so gut wie möglich zu minimieren, ist es empfehlenswert, mit einer ungefähr gleichen Größe der Untersuchungsproben die Versuche durchzuführen. Dabei wäre es interessant, zusätzlich auf die Positionierung der Gurkensegmente in den Gläsern zu achten, um den Pasteurisationseinfluss auf die einzelnen Segmente zu betrachten.

6. Zusammenfassung

Um die Textur von Lebensmitteln zu beurteilen, werden sehr unterschiedliche Methoden verwendet. Diese Methoden lassen sich in zwei große Hauptgruppen, nämlich mechanische und sensorische Prüfmethoden, unterteilen. Ziel dieser Arbeit war es, geringfügige Texturunterschiede von Essiggurken anhand instrumenteller sowie sensorischer Methoden festzustellen. Dafür wurden jeweils zwei mechanische und sensorische Methoden eingesetzt. Ferner wurden zum Einsatz der Texturprofilanalyse zwei verschiedene Kompressionsintensitäten ausgewählt. Im Falle der einen mit 25% Kompression wird die Gurkenprobe belastet, ohne dass sie zerbricht. Demgegenüber wird bei der anderen mit 60% Kompression die Struktur der Probe derart zerstört, dass im System ein Bruch aufgezeichnet wird. Darüber hinaus wurde eine weitere Standardmethode, die Warner-Bratzler-Methode, zur Ermittlung der Textureigenschaften der Gurken herangezogen. Bei den sensorischen Prüfungen wurde ferner die Sorted Napping-Methode mit Ultra Flash Profiling kombiniert, um die Gurkenproben nach Ähnlichkeiten in kleine Gruppen einzuordnen und anschließend zu beschreiben. Dank der statistischen Auswertungen konnten signifikante Texturunterschiede sowohl innerhalb der untersuchten Gurkenchargen als auch innerhalb deren Segmente mittels der eingesetzten instrumentellen sowie sensorischen Methoden ermittelt werden. Des Weiteren wurde der Vergleich innerhalb der mechanischen Messverfahren anhand der entstandenen Ergebnisse der Hauptparameter der beiden Methoden studiert. Der TPA-Parameter „Härte“ korreliert bei beiden eingestellten Kompressionen mit den WB-Parametern zumeist negativ. Dagegen erzielte der TPA-Parameter „Kohäsion“ eher positive Beziehungen mit den Scherkraftmessungen der WB-Methoden, wobei die TPA-Methode mit 60% Kompression bessere Zusammenhänge als die TPA-Methode mit 25% aufwies.

Ein Vergleich der entstandenen Ergebnisse der instrumentellen Methoden mit den sensorischen Bewertungen war bedenkenswert. Dabei ließ sich ebenfalls der „TPA-Härte-Parameter“ mit den sensorischen Beurteilungen negativ korrelieren. Hingegen korrelierte der TPA-Kohäsion-Parameter eher positiv und enthielt mit der Kompression von 60% höhere Korrelationswerte als mit der Kompression von 25%. Ferner wurde der stärkste Korrelationskoeffizient mit der „Maximalkraft“ bezüglich der WB-Methode ermittelt. In diesem Vergleich wurden die Gurkenproben im Hinblick auf ihren Chargen sowie Segmente untersucht. In der Literaturrecherche wurde diesbezüglich oft erwähnt, dass die Textur des stielendenden Teils der Gurken sich von dem blütenendenden Teil unterscheidet. Überdies

nehmen die Textureigenschaften der Gurken vom Stielende bis zum Blütenende hin ab. Diese Tendenz wurde zum großen Teil sowohl von der Warner-Bratzler-Methode als auch von der TPA-Methode mit dem Kohäsion-Parameter vor allem bei einer Kompression von 60% nachgewiesen. Dies unterstützt die Aussage, dass die instrumentellen Methoden, nämlich die WB-Methode und die TPA-Methode besonders mit 60% Kompression, für die Ermittlung der Textur von Essiggurken besonders gut geeignet sind. Mit der Überprüfung der Art und Weise des Pressens und des Zusammenhangs zwischen dem Messstempel und der Probendruckfläche bei der TPA-Methode wären bessere Ergebnisse bezüglich dieser Methode zu erwarten. Zudem sei laut der Literatur die Textur von Einlegegurken von genetischen Einflüssen sowie Umwelteinflüssen stark abhängig. In dieser Arbeit war es schwierig, eine aussagekräftige Feststellung über die verwendeten Gurkensorten sowie Anbauorten zu treffen. Laut der Korrelation der maschinellen sowie sensorischen Bewertungen wurde festgestellt, dass die Sorte „L“ fester und kohäsiver als die Sorte „S“ zu sein neigt. Andererseits wies das Anbaugebiet „F“ oft signifikante Unterschiede vom Anbaugebiet „K“ auf. Diesbezüglich wird angenommen, dass die Witterungsmengen eine ausschlaggebende Rolle spielen.

7. Literaturverzeichnis

Abdi H.; Williams L. J.: Tukey's Honestly Significant Difference (HSD) Test. In Neil Salkind (Ed.), Encyclopedia of Research Design. Thousand Oaks, CA:Sage, 2010

Alhamdan A. M.; Sourour M. H.; Dialedein O. Abdelkarim; Younis M.: Texture profile analysis of date flesh for some Saudi date cultivars. International Journal of General Engineering and Technology, 2014; 3: 1-10

Bourne M.: Texture Profile Analysis. Food Technology, 1972 ; 32 : 62-66

Breene W. M.; Davis D. W.; Chou H. E.: Texture profile analysis of cucumbers. Journal of Texture Studies, 1972; 37: 113-117

Breene W. M.: Application of Texture Profile Analysis to instrumental food texture Evaluation. Journal of Texture Studies, 1975; 6: 53-82

Busch-Stockfisch, M. (Hrsg.): Praxishandbuch der Sensorik in der Produktentwicklung und Qualitätssicherung. Hamburg: Behr's Verlag, 2015

Ben Amor T.: Investigating sensory properties of different potato varieties. Masterproject Hochschule Neubrandenburg, 2016

Daoud M. Y.: Comparison of different instrumental methods to analyse the texture of different potato varieties. Masterproject Hochschule Neubrandenburg, 2016

Dar L. Y.; Light M.: Food texture design and optimization. UK, Wiley's Verlag, 2014

De Huidobro R.; Miguel F. E.; Blázquez. B.; Onega E.: A comparison between two methods (Warner-Bratzler and Texture profile anlysis) for testing either raw meat or cooked meat. Meat Science, 2005; 69: 527–536

DLG: Sensorik-Glossar. Online im Internet: URL: <http://www.dlg.org/sensorikglossar.html>
Stand: 30.10.2017

DLG Ausschuss Sensorik (Hrsg.): Sensorische Analyse: Methodenüberblick und Einsatzbereiche. DLG-Verlag GmbH, Frankfurt/Main 2016.

Grandos C.; Acevedo D.; Cabeza A.; Lozano A.: Texture Profile Analysis in bananas Pelipita, Hartón and Topocho. *Información Tecnológica*, 2014; 25: 35-40

Harter H. L.: Tables of range and studentized range. *Annals of Mathematical Statistics*, 1960; 31, 1122–1147

Heiss R.; Witzel H.: Objektive Methoden zur Messung der Konsistenz fester Lebensmittel. Institut für Lebensmitteltechnologie und Verpackung e. V., München, 1968

ISO 8589: 2007-12: Sensory analysis- General guidance for the design of test rooms

ISO 5492: 2008-10: Sensory analysis- Vocabulary

Jeon, I. J.; Breene W.M.; Munson S. T.: Texture of cucumbers: Correlation of instrumental and sensory measurements. *Journal of Food Science*, 1973; 38: 334-337

Jeon, I. J.; Breene W. M.: Texture of fresh-pack whole cucumber pickles: Correlation of instrumental and sensory measurements. *Journal of Texture Studies*, 1975; 5: 399-409

Köhler W.: Biostatistik. Berlin: Springer Verlag, 2012

Lawless H. T.; Heymann H.: Sensory evaluation of food. New York: Springer Verlag, 1998

Llorca E.; Puig A.; Hernando I.; Salvador A.; Fiszman M. S.; Lluch M. A.: Effect of fermentation time on texture and microstructure of pickled carrots. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2001; 81: 1553- 1560

Magnussen A.: Stressbehandlungen bei Einlegegurken (*Cucumis Sativus* L.). Dissertation. München, 2001

Mang J.: Texturerhöhung von Einlegegurken. Diplomarbeit. Institut für Lebensmitteltechnologie des Departments für Lebensmittelwissenschaften und –technologie der Universität für Bodenkultur Wien, 2012

Meurer P.: Einfluss pflanzeigener Enzyme und anderer Faktoren auf die Textur fermentierter Gurken. Dissertation. Stuttgart, 1991

Murray J. M.; Dekahunty C. M.; Baxter I. A.: Descriptive sensory: past, present and future. Food Research International, 2001; 34: 461- 471

Pagès J.; Cadoret M.: The sorted Napping: A new holistic approach in sensory evaluation. Journal of Sensory Studies, 2010; 25: 637-658

Rumsey D. J.: Statistik für Dummies. 3. Auflage. Weinheim. Wiley-VCH Verlag, 2015

Rosenthal A. J.: Food Texture: Measurement and perception. 1. Auflage. Maryland: Aspen Publishers, Inc., 1999

Reichardt J.: Vergleich von akustischen, instrumentellen und sensorischen Methoden zur Ermittlung der Knackigkeit von Essiggurken. Bachelorarbeit Hochschule Neubrandenburg, 2012

Schubring R.: Untersuchung von Einflussfaktoren auf die instrumentelle Texturprofilanalyse (TPA) von Fischerzeugnissen. Deutsche Lebensmittel-Rundschau 1, 1999: 95; 373-386

Schweitzer U.: Statistik mit Excel. Poing. Franzis, 2003

Stable Micro Systems (Hrsg.): Acoustic Envelope Detector: User Guide. 1. Aufl. Wien: Winopal, 2005

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

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

Thompson R. L.; Fleming H. P.; Haman D. D.; Monroe R. J.: Delineation of puncture forces for exocarp and mesocarp tissues in cucumber fruit. Journal of Texture Studies, 1992; 23: 169-184

Vickers Z. M.: Instrumental measures of crispness and their correlation with sensory assessment. Journal of Texture Studies, 1988; 19: 1-14

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

Weichmann J.: Vergleichbarkeit verschiedener Methoden der Texturmessung an Einlegegurken. Industrielle Obst und Gemüseverwertung, 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

Zhang H.: Pflanzenbauliche Einflüsse auf die Textur parthenokarper Einlegegurken. Dissertation. Technische Universität München, 1994

8. Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen

8.1. Abbildungen

Abbildung 1: Fruchtgewebe einer Gurkenscheibe	9
Abbildung 2: Fließschema der Essiggurkenherstellung	11
Abbildung 3: Esserfahrung: Die Wahrnehmung von Lebensmitteln (Dar, 2014)	12
Abbildung 4: Gemessene Parameter von der Texturprofilanalyse (Rosenthal 1999)	14
Abbildung 5: Definition der untersuchten Texturparameter (Schubring, 1999)	15
Abbildung 6: Abschnitte und Scheiben von Gurken (Thompson, 1982)	19
Abbildung 7: Versuchsaufbau für die TPA-Methode	20
Abbildung 8: Versuchsaufbau für die Warner-Bratzler-Methode	20
Abbildung 9: Typische TPA Kraft-Zeit-Kurve (Winopal, 2005)	21
Abbildung 10: Typische WB Kraft-Zeit-Kurve (Stable Micro Systems, 2014)	23
Abbildung 11: Parameter „Härte“ der TPA mit 25% Kompression (n=7)	31
Abbildung 12: Parameter „Härte“ der TPA mit 60% Kompression (n=7)	31
Abbildung 13: Parameter „Kohäsion“ der TPA mit 25% Kompression (n=7)	33
Abbildung 14: Parameter „Kohäsion“ der TPA mit 60% Kompression (n=7)	33
Abbildung 15: Parameter „Kaubarkeit“ der TPA mit 25% Kompression (n=7)	35
Abbildung 16: Parameter „Kaubarkeit“ der TPA mit 60% Kompression (n=7)	35
Abbildung 17: Parameter „Gummiartigkeit“ der TPA mit 25% Kompression (n=7)	37
Abbildung 18: Parameter „Gummiartigkeit“ der TPA mit 60% Kompression (n=7)	37
Abbildung 19: Parameter „Elastizität“ der TPA mit 25% Kompression (n=7)	39
Abbildung 20: Parameter „Elastizität“ der TPA mit 60% Kompression (n=7)	39
Abbildung 21: Parameter „Adhäsion“ der TPA mit 25% Kompression (n=7)	41
Abbildung 22: : Parameter „Adhäsion“ der TPA mit 60% Kompression (n=7)	41
Abbildung 23: Parameter „Bissfestigkeit“ der TPA mit 60% Kompression (n=7)	43
Abbildung 24: Graphische Darstellung der Kraft-Zeit-Kurve der TPA Methode mit 25% Kompression. Beispiel: FL Charge (mittleres Segment)	43
Abbildung 25: Graphische Darstellung der Kraft-Zeit-Kurve der TPA Methode mit 60% Kompression. Beispiel: FL Charge (mittleres Segment)	44
Abbildung 26: Parameter „Maximalkraft“ bei WB Methode	46
Abbildung 27: Parameter „Steigung“ bei WB Methode	47
Abbildung 28: Graphische Darstellung der Kraft-Weg-Kurve der WB Methode. Beispiel: FL Charge (mittleres Segment)	48
Abbildung 29: MFA-Biplot für die Produkte (1-12)	49

Abbildung 30: MFA-Biplot für die Variablen mit (x= Kohäsion, y= Festigkeit).....	50
Abbildung 31: MFA Biplot + UFP Attribute	51
Abbildung 32: Rangkorrelation zwischen Härte - TPA25% und Maximalkraft - WB.....	54
Abbildung 33: Rangkorrelation zwischen Härte - TPA 60% und Maximalkraft - WB.....	55
Abbildung 34: Rangkorrelation zwischen Kohäsion - TPA 25% und Maximalkraft - WB	56
Abbildung 35: Rangkorrelation zwischen Kohäsion - TPA 60% und Kraft - WB.....	56
Abbildung 36: Rangkorrelation zwischen Härte - TPA 25% und Steigung - WB.....	57
Abbildung 37: Rangkorrelation zwischen Härte - TPA 60% und Steigung - WB.....	58
Abbildung 38: Rangkorrelation zwischen Kohäsion - TPA 25% und Steigung - WB	58
Abbildung 39: Rangkorrelation zwischen Kohäsion - TPA 60% und Steigung - WB	59
Abbildung 40: Rangkorrelation zwischen Härte - TPA 25% und sensorische Bewertung.....	60
Abbildung 41: Rangkorrelation zwischen Härte - TPA 25% und sensorische Bewertung.....	60
Abbildung 42: Rangkorrelation zwischen Kohäsion - TPA 25% und sensorische Bewertung	61
Abbildung 43: Rangkorrelation zwischen Kohäsion - TPA 60% und sensorische Bewertung	61
Abbildung 44: Rangkorrelation zwischen Maximalkraft - WB und sensorische Bewertung..	62
Abbildung 45: Rangkorrelation zwischen Steigung - WB und sensorische Bewertung.....	63

8.2. Tabellen

Tabelle 1: Ausgewählte Chargen und deren Abkürzungen.....	18
Tabelle 2: Ermittelte Parameter mit der TPA Methode	22
Tabelle 3: Einstellungen des Texture Analyser für die TPA Methode	22
Tabelle 4: Ermittelte Parameter mit der WB-Methode	23
Tabelle 5: Einstellungen des Texture Analyser für die WB Methode	24
Tabelle 6: Vorversuche mit Erhöhung der Kompressionsintensität.....	28
Tabelle 7: Tabelle für die Signifikanzniveaus.....	29
Tabelle 8: Unterschiede beim TPA-Parameter „Härte“ innerhalb der Gurkensegmente	30
Tabelle 9: Unterschiede beim TPA-Parameter „Härte“ innerhalb der Gurkenchargen	30
Tabelle 10: Unterschiede beim TPA-Parameter „Kohäsion“ innerhalb der Gurkensegmente	32
Tabelle 11: Unterschiede beim TPA-Parameter „Kohäsion“ innerhalb der Gurkenchargen...	32
Tabelle 12: Unterschiede beim TPA-Parameter „Kaubarkeit“ innerhalb der Gurkensegmente	34
Tabelle 13: Unterschiede beim TPA-Parameter „Kaubarkeit“ innerhalb der Gurkenchargen	34
Tabelle 14: Unterschiede beim TPA-Parameter „Gummiartigkeit“ innerhalb der Gurkensegmente.....	36
Tabelle 15: Unterschiede beim TPA-Parameter „Gummiartigkeit“ innerhalb der Gurkenchargen	36
Tabelle16: Unterschiede beim TPA-Parameter „Elastizität“ innerhalb der Gurkensegmente.	38
Tabelle 17: Unterschiede beim TPA-Parameter „Elastizität“ innerhalb der Gurkenchargen ..	38
Tabelle18: Unterschiede beim TPA-Parameter „Adhäsion“ innerhalb der Gurkensegmente .	40
Tabelle 19: Unterschiede beim TPA-Parameter „Adhäsion“ innerhalb der Gurkenchargen...	40
Tabelle 20: Unterschiede beim TPA-Parameter „Bissfestigkeit“ innerhalb der Gurkensegmente.....	42
Tabelle 21: Unterschiede beim TPA-Parameter „Bissfestigkeit“ innerhalb der Gurkenchargen	42
Tabelle 22: Unterschiede bzgl. des WB-Parameters „MaximalKraft“ innerhalb der Gurkensegmente.....	45
Tabelle 23: Unterschiede bzgl. des WB-Parameters „Maximalkraft“ innerhalb der Gurkenchargen	45
Tabelle 24: Unterschiede bzgl. des WB-Parameters „Steigung“ innerhalb der Gurkensegmente	46

Tabelle 25: Unterschiede bzgl. des WB-Parameters „Steigung“ innerhalb der Gurkenchargen	47
Tabelle 26: UFP-Attribute (P1-P3)	50
Tabelle 27: UFP-Attribute (P4-P6)	51
Tabelle 28: UFP-Attribute (P7-P9)	52
Tabelle 29: Korrelationskoeffizienten für die Beziehung zwischen Werten der TPA-Methode und der WB- Maximalkraft	54
Tabelle 30: Korrelationskoeffizienten für die Beziehung zwischen Werten der TPA-Methode und der „WB- Steigung“	57
Tabelle31: Korrelationskoeffizienten für die Beziehung zwischen den Parametern der WB-Methode und sensorischen Methoden	62

9. Formelverzeichnis

Formel 1: Mittelwert $\bar{x}$	25
Formel 2: Standardabweichung σ	26
Formel 3: Variationskoeffizient V_x	26
Formel 4: Spearman-Korrelationskoeffizient r	27

10. Verzeichnis der Anlagen

Anlage 1: Grenzvariationswert beim Tukey-HSD-Test.....	84
Anlage 2: Verwendete Tabellen für die studentisierte Variationsbreite zur Berechnung des GV-Wertes	86
Anlage 3: Vorversuchsergebnisse der TPA-Methode mit der Kompressionsintensität von 30%	94
Anlage 4: Vorversuchsergebnisse der TPA-Methode mit der Kompressionsintensität von 35%	95
Anlage 5: Vorversuchsergebnisse der TPA-Methode mit der Kompressionsintensität von 40%	96
Anlage 6: Vorversuchsergebnisse der TPA-Methode mit der Kompressionsintensität von 45%	97
Anlage 7: Vorversuchsergebnisse der TPA-Methode mit der Kompressionsintensität von 50%	98
Anlage 8: Ermittlung der signifikanten Unterschiede beim TPA 25%-Härte-Parameter	99
Anlage 9: Ermittlung der signifikanten Unterschiede beim TPA 25%-Kohäsion-Parameter..	99
Anlage 10: Ermittlung der signifikanten Unterschiede beim TPA 25%-Kaubarkeit-Parameter	100
Anlage 11: Ermittlung der signifikanten Unterschiede beim TPA 25%-Gummiartigkeit-Parameter.....	100
Anlage 12: Ermittlung der signifikanten Unterschiede beim TPA 25%-Elastizität-Parameter	100
Anlage 13: Ermittlung der signifikanten Unterschiede beim TPA 25%-Adhäsion-Parameter	101
Anlage 14: Ermittlung der signifikanten Unterschiede beim TPA 60%-Härte-Parameter	102
Anlage 15: Ermittlung der signifikanten Unterschiede beim TPA 60%-Kohäsion-Parameter	102
Anlage 16: Ermittlung der signifikanten Unterschiede beim TPA 60%-Gummiartigkeit-Parameter.....	103
Anlage 17: Ermittlung der signifikanten Unterschiede beim TPA 60%-Elastizität-Parameter	104
Anlage 18: Ermittlung der signifikanten Unterschiede beim TPA 60%-Bissfestigkeit-Parameter.....	104

Anlage 19: Ermittlung der signifikanten Unterschiede beim TPA 60%-Bissfestigkeit-Parameter.....	105
Anlage 20: Kraft-Zeit-Kurve der TPA-Methode mit 25% Kompression. Beispiel (FDL_Stielende).....	106
Anlage 21: Kraft-Zeit-Kurve der TPA-Methode mit 25% Kompression. Beispiel (FDL_Mitte)	108
Anlage 22: Kraft-Zeit-Kurve der TPA-Methode mit 25% Kompression. Beispiel (FDL_Blütenende)	110
Anlage 23: Kraft-Zeit-Kurve der TPA-Methode mit 60% Kompression. Beispiel (FDL_Stielende).....	112
Anlage 24: Kraft-Zeit-Kurve der TPA-Methode mit 60% Kompression. Beispiel (FDL_Mitte)	114
Anlage 25: Kraft-Zeit-Kurve der TPA Methode mit 60% Kompression. Beispiel (FDL_Blütenende)	116
Anlage 26: Kraft-Zeit Kurve der WB-Methode. Beispiel (FDL_Stielende).....	118
Anlage 27: Kraft-Zeit-Kurve der WB-Methode. Beispiel (FDL_Mitte).....	119
Anlage 28: Kraft-Zeit-Kurve der WB-Methode. Beispiel (FDL_Blütenende)	120

11. Anhang

Anlage 1: Grenzvariationswert beim Tukey-HSD-Test

Ohne Abbruchvorschrift hätte man also das widersprüchliche Resultat, dass die weiter auseinanderliegenden Mittelwerte $\bar{x}_r$ und $\bar{x}_s$ *keine* signifikanten Unterschiede aufwiesen, während die näher beieinander liegenden Werte $\bar{x}_r$ und $\bar{x}_t$ signifikant verschieden wären.

Diese zunächst überraschende Situation entsteht dadurch, dass wir zwar vom Modell her testen, ob die Gruppe der beteiligten Mittelwerte als homogen, d. h. als gleich angesehen werden muss, in der Formulierung unserer Hypothesen aber nur noch die beiden äußeren Mittelwerte erwähnt werden. Eine genauere Formulierung der Nullhypothese für unseren Fall müsste lauten: $H_0(\mu_r = \mu_t = \mu_s)$, dann würde niemand mehr auf Unterschiede zwischen μ_r und μ_t testen, da die Annahme unserer Nullhypothese diese Unterschiede schon verneint.

15.2.4 Der Grenzvariationsbreiten-Test (*LSR-Test*, *HSD-Test*)

Beim *NK-Test* hatten wir bei jedem Mittelwertvergleich entsprechend der Anzahl p beteiligter Mittelwerte jeweils unser $q_\alpha(p; FG)$ verwendet. Dagegen benutzt der *GV-Test* unabhängig von p stets $q_\alpha(k; FG)$ zur Berechnung der Teststatistik. Dabei ist k die Anzahl *aller* Mittelwerte, natürlich stets größer oder gleich p . Im Weiteren verläuft der *GV-Test* (*Tukey-Kramer-Test*) ganz analog zum *NK-Test*, wobei *nicht mehrere* R_p , sondern *nur ein* $R_k = GV$ für alle Vergleiche gemeinsam zu bestimmen ist. Der *GV-Test* wird dadurch zwar konservativer, d. h. bei gleichem α liefert er weniger Signifikanzen als der *NK-Test*, in der Durchführung ist der Grenzvariationsbreiten-Test aber einfacher, weil keine Abbruchvorschrift und nur ein *GV* zu berechnen ist.

Fragestellung: Welche der k Stichprobenmittelwerte $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_k$ unterscheiden sich signifikant?

Voraussetzung: Die Varianzanalyse ergab eine Verwerfung der Nullhypothese. Die Vergleiche sind ungeplant. Es werden jeweils zwei Mittelwerte verglichen.

Rechenweg:

- (1) Berechne

$$GV = q_\alpha(k; FG) \cdot \sqrt{\frac{MQI \cdot (n_i + n_j)}{2 \cdot n_i \cdot n_j}}$$

bzw. im balancierten Fall (*HSD-Test*), d. h. für $n_i = n_j = n$:

$$GV = q_\alpha(k; FG) \cdot \sqrt{\frac{MQI}{n}}$$

wobei $q_\alpha(k; FG)$ der Tabelle „studentisierte Variationsbreiten“ zu entnehmen,
 k die Anzahl aller Mittelwerte,
 α das Signifikanzniveau,
 MQI aus der Varianzanalyse,
 FG der Freiheitsgrad von MQI .

- (2) Ordne die Mittelwerte der Größe nach an und berechne die Differenzentafel wie beim NK -Test.
- (3) Vergleiche die Beträge $|x_i - x_j|$ mit GV :

$$|\bar{x}_i - \bar{x}_j| \leq GV \Rightarrow H_0(\mu_i = \mu_j).$$

$$|\bar{x}_i - \bar{x}_j| > GV \Rightarrow H_1(\mu_i \neq \mu_j).$$

Beispiel Das Beispiel im vorigen §15.2.3 testen wir statt mit Newman-Keuls mit dem GV -Test. Wir müssen dann alle Werte der Differenzentafel mit demselben Wert $GV = 4.05 \cdot 0.346 = 1.40$ vergleichen. Diesmal erhalten wir eine „Signifikanz“ weniger, denn der NK -Test hatte $H_0(\mu_3 = \mu_2)$ verworfen, der konservativere GV -Test dagegen ergibt keine Verwerfung von $H_0(\mu_3 = \mu_2)$, weil

$$|\bar{x}_3 - \bar{x}_2| = 2.4 - 1.3 = 1.1 < 1.4 = GV \Rightarrow H_0(\mu_3 = \mu_2).$$

	$\bar{x}_1 = 6.0$	$\bar{x}_4 = 5.4$	$\bar{x}_3 = 2.4$	$\bar{x}_2 = 1.3$
$\bar{x}_1 = 6.0$	\	0.6	3.6*	4.7*
$\bar{x}_4 = 5.4$		\	3.0*	4.1*
$\bar{x}_3 = 2.4$			\	1.1
$\bar{x}_2 = 1.3$				\

Wir haben in der Differenzentafel alle signifikanten Differenzen durch ein Sternchen ($\alpha = 5\%$) gekennzeichnet.

Es ist allgemein üblich, signifikante Unterschiede

- Auf dem $\alpha = 5\%$ -Niveau mit einem Sternchen „*“
- Auf dem $\alpha = 1\%$ -Niveau mit zwei Sternchen „**“
- Auf dem $\alpha = 0.1\%$ -Niveau mit drei Sternchen „***“ zu kennzeichnen.

Eine andere verbreitete Methode besteht darin, alle Mittelwerte zu unterstreichen, die aufgrund multipler Vergleiche als homogen angesehen werden müssen. Dazu ordnet man alle k Mittelwerte zunächst der Größe nach an. Man erhält dann z. B. für $\bar{x}_1 \geq \bar{x}_2 \geq \dots \geq \bar{x}_8$ ($k = 8$):

$$\begin{array}{cccccccc} \bar{x}_1 & \bar{x}_2 & \bar{x}_3 & \bar{x}_4 & \bar{x}_5 & \bar{x}_6 & \bar{x}_7 & \bar{x}_8 \\ \hline & & & & & & & \end{array}$$

Anlage 2: Verwendete Tabellen für die studentisierte Variationsbreite zur Berechnung des GV-Wertes

TABLE 3
Percentage points of the studentized range for samples of n from $N(\mu, \sigma^2)$ with ν degrees of freedom for independent estimate s^2 of σ^2
(Values of the studentized range Q corresponding to cumulative probability P)
 $P = .90$

$\nu \backslash n$	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	8.929	13.44	16.36	18.49	20.15	21.51	22.64	23.62	24.48
2	4.130	5.733	6.773	7.538	8.139	8.633	9.049	9.409	9.725
3	3.328	4.467	5.199	5.738	6.162	6.511	6.806	7.062	7.287
4	3.015	3.976	4.586	5.035	5.388	5.679	5.926	6.139	6.327
5	2.850	3.717	4.264	4.664	4.979	5.238	5.458	5.648	5.816
6	2.748	3.559	4.065	4.435	4.726	4.966	5.168	5.344	5.499
7	2.680	3.451	3.931	4.280	4.555	4.780	4.972	5.137	5.283
8	2.630	3.374	3.834	4.169	4.431	4.646	4.829	4.987	5.126
9	2.592	3.316	3.761	4.084	4.337	4.545	4.721	4.873	5.007
10	2.563	3.270	3.704	4.018	4.264	4.465	4.636	4.783	4.913
11	2.540	3.234	3.658	3.965	4.205	4.401	4.568	4.711	4.838
12	2.521	3.204	3.621	3.922	4.156	4.349	4.511	4.652	4.776
13	2.505	3.179	3.589	3.885	4.116	4.305	4.464	4.602	4.724
14	2.491	3.158	3.563	3.854	4.081	4.267	4.424	4.560	4.680
15	2.479	3.140	3.540	3.828	4.052	4.235	4.390	4.524	4.641
16	2.469	3.124	3.520	3.804	4.026	4.207	4.360	4.492	4.608
17	2.460	3.110	3.503	3.784	4.004	4.183	4.334	4.464	4.579
18	2.452	3.098	3.488	3.767	3.984	4.161	4.311	4.440	4.554
19	2.445	3.087	3.474	3.751	3.966	4.142	4.290	4.418	4.531
20	2.439	3.078	3.462	3.736	3.950	4.124	4.271	4.398	4.510
24	2.420	3.047	3.423	3.692	3.900	4.070	4.213	4.336	4.445
30	2.400	3.017	3.386	3.648	3.851	4.016	4.155	4.275	4.381
40	2.381	2.988	3.349	3.605	3.803	3.963	4.099	4.215	4.317
60	2.363	2.959	3.312	3.562	3.755	3.911	4.042	4.155	4.254
120	2.344	2.930	3.276	3.520	3.707	3.859	3.987	4.096	4.191
∞	2.326	2.902	3.240	3.478	3.661	3.808	3.931	4.037	4.129

$\nu \backslash n$	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	25.24	25.92	26.54	27.10	27.62	28.10	28.54	28.96	29.35
2	10.01	10.26	10.49	10.70	10.89	11.07	11.24	11.39	11.54
3	7.487	7.667	7.832	7.982	8.120	8.249	8.368	8.479	8.584
4	6.495	6.645	6.783	6.909	7.025	7.133	7.233	7.327	7.414
5	5.966	6.101	6.223	6.336	6.440	6.536	6.626	6.710	6.789
6	5.637	5.762	5.875	5.979	6.075	6.164	6.247	6.325	6.398
7	5.413	5.530	5.637	5.735	5.826	5.910	5.988	6.061	6.130
8	5.250	5.362	5.464	5.558	5.644	5.724	5.799	5.869	5.935
9	5.127	5.234	5.333	5.423	5.506	5.583	5.655	5.723	5.786
10	5.029	5.134	5.229	5.317	5.397	5.472	5.542	5.607	5.668
11	4.951	5.053	5.146	5.231	5.309	5.382	5.450	5.514	5.573
12	4.886	4.986	5.077	5.160	5.236	5.308	5.374	5.436	5.495
13	4.832	4.930	5.019	5.100	5.176	5.245	5.311	5.372	5.429
14	4.786	4.882	4.970	5.050	5.124	5.192	5.256	5.316	5.373
15	4.746	4.841	4.927	5.006	5.079	5.147	5.209	5.269	5.324
16	4.712	4.805	4.890	4.968	5.040	5.107	5.169	5.227	5.282
17	4.682	4.774	4.858	4.935	5.005	5.071	5.133	5.190	5.244
18	4.655	4.746	4.829	4.905	4.975	5.040	5.101	5.158	5.211
19	4.631	4.721	4.803	4.879	4.948	5.012	5.073	5.129	5.182
20	4.609	4.699	4.780	4.855	4.924	4.987	5.047	5.103	5.155
24	4.541	4.628	4.708	4.780	4.847	4.909	4.966	5.021	5.071
30	4.474	4.559	4.635	4.706	4.770	4.830	4.886	4.939	4.988
40	4.408	4.490	4.564	4.632	4.695	4.752	4.807	4.857	4.905
60	4.342	4.421	4.493	4.558	4.619	4.675	4.727	4.775	4.821
120	4.276	4.353	4.422	4.485	4.543	4.597	4.647	4.694	4.738
∞	4.211	4.285	4.351	4.412	4.468	4.519	4.568	4.612	4.654

TABLE 3 (Continued)
P = .90

$\nu \backslash n$	20	22	24	26	28	30	32	34	36
1	29.71	30.39	30.99	31.54	32.04	32.50	32.93	33.33	33.71
2	11.68	11.93	12.16	12.36	12.55	12.73	12.89	13.04	13.18
3	8.683	8.864	9.029	9.177	9.314	9.440	9.557	9.666	9.768
4	7.497	7.650	7.789	7.914	8.029	8.135	8.234	8.326	8.412
5	6.863	7.000	7.123	7.236	7.340	7.435	7.523	7.606	7.683
6	6.467	6.593	6.708	6.812	6.908	6.996	7.078	7.155	7.227
7	6.195	6.315	6.422	6.521	6.611	6.695	6.773	6.845	6.913
8	5.997	6.111	6.214	6.308	6.395	6.475	6.549	6.618	6.683
9	5.846	5.956	6.055	6.146	6.229	6.306	6.378	6.444	6.507
10	5.726	5.833	5.930	6.017	6.098	6.173	6.242	6.307	6.368
11	5.630	5.734	5.828	5.914	5.992	6.065	6.132	6.196	6.255
12	5.550	5.652	5.744	5.827	5.904	5.976	6.042	6.103	6.161
13	5.483	5.583	5.673	5.755	5.830	5.900	5.965	6.025	6.082
14	5.426	5.524	5.612	5.693	5.767	5.836	5.899	5.959	6.014
15	5.376	5.473	5.560	5.639	5.713	5.780	5.843	5.901	5.956
16	5.333	5.428	5.515	5.592	5.665	5.732	5.793	5.851	5.905
17	5.295	5.389	5.474	5.552	5.623	5.689	5.750	5.806	5.860
18	5.262	5.355	5.439	5.515	5.585	5.650	5.711	5.767	5.820
19	5.232	5.324	5.407	5.483	5.552	5.616	5.676	5.732	5.784
20	5.205	5.296	5.378	5.453	5.522	5.586	5.645	5.700	5.752
24	5.119	5.208	5.287	5.360	5.427	5.489	5.546	5.600	5.650
30	5.034	5.120	5.197	5.267	5.332	5.392	5.447	5.499	5.547
40	4.949	5.032	5.107	5.174	5.236	5.294	5.347	5.397	5.444
60	4.864	4.944	5.015	5.081	5.141	5.196	5.247	5.295	5.340
120	4.779	4.856	4.924	4.987	5.044	5.097	5.146	5.192	5.235
∞	4.694	4.767	4.832	4.892	4.947	4.997	5.044	5.087	5.128

$\nu \backslash n$	38	40	50	60	70	80	90	100
1	34.06	34.38	35.79	36.91	37.83	38.62	39.30	39.91
2	13.31	13.44	13.97	14.40	14.75	15.05	15.31	15.54
3	9.864	9.954	10.34	10.65	10.91	11.12	11.31	11.48
4	8.493	8.569	8.876	9.156	9.373	9.557	9.718	9.860
5	7.756	7.825	8.118	8.353	8.548	8.715	8.859	8.988
6	7.294	7.358	7.630	7.848	8.029	8.184	8.319	8.438
7	6.976	7.036	7.294	7.500	7.672	7.818	7.946	8.059
8	6.744	6.801	7.048	7.245	7.409	7.550	7.672	7.780
9	6.566	6.621	6.859	7.050	7.208	7.343	7.461	7.566
10	6.425	6.479	6.709	6.895	7.048	7.180	7.295	7.396
11	6.310	6.363	6.588	6.768	6.918	7.047	7.158	7.258
12	6.215	6.267	6.487	6.663	6.810	6.936	7.045	7.142
13	6.135	6.186	6.402	6.575	6.719	6.842	6.949	7.045
14	6.067	6.116	6.329	6.499	6.641	6.762	6.868	6.961
15	6.008	6.057	6.266	6.433	6.573	6.692	6.796	6.888
16	5.956	6.004	6.210	6.376	6.513	6.631	6.734	6.825
17	5.910	5.958	6.162	6.325	6.461	6.577	6.679	6.769
18	5.870	5.917	6.113	6.280	6.414	6.529	6.630	6.719
19	5.833	5.880	6.079	6.239	6.372	6.486	6.585	6.674
20	5.801	5.847	6.044	6.203	6.335	6.447	6.546	6.633
24	5.697	5.741	5.933	6.086	6.214	6.324	6.419	6.503
30	5.593	5.636	5.821	5.969	6.093	6.198	6.291	6.372
40	5.488	5.529	5.708	5.850	5.969	6.071	6.160	6.238
60	5.382	5.422	5.593	5.730	5.844	5.941	6.026	6.102
120	5.275	5.313	5.476	5.606	5.715	5.808	5.888	5.960
∞	5.166	5.202	5.357	5.480	5.582	5.669	5.745	5.812

TABLE 3 (Continued)

P = .95

$\nu \backslash n$	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	17.97	26.98	32.82	37.08	40.41	43.12	45.40	47.36	49.07
2	6.085	8.331	9.798	10.88	11.74	12.44	13.03	13.54	13.99
3	4.501	5.910	6.825	7.502	8.037	8.478	8.853	9.177	9.462
4	3.927	5.040	5.757	6.287	6.707	7.053	7.347	7.602	7.826
5	3.635	4.602	5.218	5.673	6.033	6.330	6.582	6.802	6.995
6	3.461	4.339	4.896	5.305	5.628	5.895	6.122	6.319	6.493
7	3.344	4.165	4.681	5.060	5.359	5.606	5.815	5.998	6.158
8	3.261	4.041	4.529	4.886	5.167	5.399	5.597	5.767	5.918
9	3.199	3.949	4.415	4.756	5.024	5.244	5.432	5.595	5.739
10	3.151	3.877	4.327	4.654	4.912	5.124	5.305	5.461	5.599
11	3.113	3.820	4.256	4.574	4.823	5.028	5.202	5.353	5.487
12	3.082	3.773	4.199	4.508	4.751	4.950	5.119	5.265	5.395
13	3.055	3.735	4.151	4.453	4.690	4.885	5.049	5.192	5.318
14	3.033	3.702	4.111	4.407	4.639	4.829	4.990	5.131	5.254
15	3.014	3.674	4.076	4.367	4.595	4.782	4.940	5.077	5.198
16	2.998	3.649	4.046	4.333	4.557	4.741	4.897	5.031	5.150
17	2.984	3.628	4.020	4.303	4.524	4.705	4.858	4.991	5.108
18	2.971	3.609	3.997	4.277	4.495	4.673	4.824	4.956	5.071
19	2.960	3.593	3.977	4.253	4.469	4.645	4.794	4.924	5.038
20	2.950	3.578	3.958	4.232	4.445	4.620	4.768	4.896	5.008
24	2.919	3.532	3.901	4.166	4.373	4.541	4.684	4.807	4.915
30	2.888	3.486	3.845	4.102	4.302	4.464	4.602	4.720	4.824
40	2.858	3.442	3.791	4.039	4.232	4.389	4.521	4.635	4.735
60	2.829	3.399	3.737	3.977	4.163	4.314	4.441	4.550	4.646
120	2.800	3.356	3.685	3.917	4.096	4.241	4.363	4.468	4.560
∞	2.772	3.314	3.633	3.858	4.030	4.170	4.286	4.387	4.474

$\nu \backslash n$	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	50.59	51.96	53.20	54.33	55.36	56.32	57.22	58.04	58.83
2	14.39	14.75	15.08	15.38	15.65	15.91	16.14	16.37	16.57
3	9.717	9.946	10.15	10.35	10.53	10.69	10.84	10.98	11.11
4	8.027	8.208	8.373	8.525	8.664	8.794	8.914	9.028	9.134
5	7.168	7.324	7.466	7.596	7.717	7.828	7.932	8.030	8.122
6	6.649	6.789	6.917	7.034	7.143	7.244	7.338	7.426	7.508
7	6.302	6.431	6.550	6.658	6.759	6.852	6.939	7.020	7.097
8	6.054	6.175	6.287	6.389	6.483	6.571	6.653	6.729	6.802
9	5.867	5.982	6.089	6.186	6.276	6.359	6.437	6.510	6.579
10	5.722	5.833	5.935	6.028	6.114	6.194	6.269	6.339	6.405
11	5.605	5.713	5.811	5.901	5.984	6.062	6.134	6.202	6.265
12	5.511	5.615	5.710	5.798	5.878	5.953	6.023	6.089	6.151
13	5.431	5.533	5.625	5.711	5.789	5.862	5.931	5.995	6.055
14	5.364	5.463	5.554	5.637	5.714	5.786	5.852	5.915	5.974
15	5.306	5.404	5.493	5.574	5.649	5.720	5.785	5.846	5.904
16	5.256	5.352	5.439	5.520	5.593	5.662	5.727	5.786	5.843
17	5.212	5.307	5.392	5.471	5.544	5.612	5.675	5.734	5.790
18	5.174	5.267	5.352	5.429	5.501	5.568	5.630	5.688	5.743
19	5.140	5.231	5.315	5.391	5.462	5.528	5.589	5.647	5.701
20	5.108	5.199	5.282	5.357	5.427	5.493	5.553	5.610	5.663
24	5.012	5.099	5.179	5.251	5.319	5.381	5.439	5.494	5.545
30	4.917	5.001	5.077	5.147	5.211	5.271	5.327	5.379	5.429
40	4.824	4.904	4.977	5.044	5.106	5.163	5.216	5.266	5.313
60	4.732	4.808	4.878	4.942	5.001	5.056	5.107	5.154	5.199
120	4.641	4.714	4.781	4.842	4.898	4.950	4.998	5.044	5.086
∞	4.552	4.622	4.685	4.743	4.796	4.845	4.891	4.934	4.974

TABLE 3 (Continued)

P = .95

ν \ n	20	22	24	26	28	30	32	34	36
1	59.55	60.91	62.12	63.22	64.23	65.15	66.01	66.81	67.56
2	16.77	17.13	17.45	17.75	18.02	18.27	18.50	18.72	18.92
3	11.24	11.47	11.68	11.87	12.05	12.21	12.36	12.50	12.63
4	9.233	9.418	9.584	9.736	9.875	10.00	10.12	10.23	10.34
5	8.208	8.368	8.512	8.643	8.764	8.875	8.979	9.075	9.165
6	7.587	7.730	7.861	7.979	8.088	8.189	8.283	8.370	8.452
7	7.170	7.303	7.423	7.533	7.634	7.728	7.814	7.895	7.972
8	6.870	6.995	7.109	7.212	7.307	7.395	7.477	7.554	7.625
9	6.644	6.763	6.871	6.970	7.061	7.145	7.222	7.295	7.363
10	6.467	6.582	6.686	6.781	6.868	6.948	7.023	7.093	7.159
11	6.326	6.436	6.536	6.628	6.712	6.790	6.863	6.930	6.994
12	6.209	6.317	6.414	6.503	6.585	6.660	6.731	6.796	6.858
13	6.112	6.217	6.312	6.398	6.478	6.551	6.620	6.684	6.744
14	6.029	6.132	6.224	6.309	6.387	6.459	6.526	6.588	6.647
15	5.958	6.059	6.149	6.233	6.309	6.379	6.445	6.506	6.564
16	5.897	5.995	6.084	6.166	6.241	6.310	6.374	6.434	6.491
17	5.842	5.940	6.027	6.107	6.181	6.249	6.313	6.372	6.427
18	5.794	5.890	5.977	6.055	6.128	6.195	6.258	6.316	6.371
19	5.752	5.846	5.932	6.009	6.081	6.147	6.209	6.267	6.321
20	5.714	5.807	5.891	5.968	6.039	6.104	6.165	6.222	6.275
24	5.594	5.683	5.764	5.838	5.906	5.968	6.027	6.081	6.132
30	5.475	5.561	5.638	5.709	5.774	5.833	5.889	5.941	5.990
40	5.358	5.439	5.513	5.581	5.642	5.700	5.753	5.803	5.849
60	5.241	5.319	5.389	5.453	5.512	5.566	5.617	5.664	5.708
120	5.126	5.200	5.266	5.327	5.382	5.434	5.481	5.526	5.568
∞	5.012	5.081	5.144	5.201	5.253	5.301	5.346	5.388	5.427

ν \ n	38	40	50	60	70	80	90	100
1	68.26	68.92	71.73	73.97	75.82	77.40	78.77	79.98
2	19.11	19.28	20.05	20.66	21.16	21.59	21.96	22.29
3	12.75	12.87	13.36	13.76	14.08	14.36	14.61	14.82
4	10.44	10.53	10.93	11.24	11.51	11.73	11.92	12.09
5	9.250	9.330	9.674	9.949	10.18	10.38	10.54	10.69
6	8.529	8.601	8.913	9.163	9.370	9.548	9.702	9.839
7	8.043	8.110	8.400	8.632	8.824	8.989	9.133	9.261
8	7.693	7.756	8.029	8.248	8.430	8.586	8.722	8.843
9	7.428	7.488	7.749	7.958	8.132	8.281	8.410	8.526
10	7.220	7.279	7.529	7.730	7.897	8.041	8.166	8.276
11	7.053	7.110	7.352	7.546	7.708	7.847	7.968	8.075
12	6.916	6.970	7.205	7.394	7.552	7.687	7.804	7.909
13	6.800	6.854	7.083	7.267	7.421	7.552	7.667	7.769
14	6.702	6.754	6.979	7.159	7.309	7.438	7.550	7.650
15	6.618	6.669	6.888	7.065	7.212	7.339	7.449	7.546
16	6.544	6.594	6.810	6.984	7.128	7.252	7.360	7.457
17	6.479	6.529	6.741	6.912	7.054	7.176	7.283	7.377
18	6.422	6.471	6.680	6.848	6.989	7.109	7.213	7.307
19	6.371	6.419	6.626	6.792	6.930	7.048	7.152	7.244
20	6.325	6.373	6.576	6.740	6.877	6.994	7.097	7.187
24	6.181	6.226	6.421	6.579	6.710	6.822	6.920	7.008
30	6.037	6.080	6.267	6.417	6.543	6.650	6.744	6.827
40	5.893	5.934	6.112	6.255	6.375	6.477	6.566	6.645
60	5.750	5.789	5.958	6.093	6.206	6.303	6.387	6.462
120	5.607	5.644	5.802	5.929	6.035	6.126	6.205	6.275
∞	5.463	5.498	5.646	5.764	5.863	5.947	6.020	6.085

TABLE 3 (Continued)

P = .99

$\nu \backslash n$	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	90.03	135.0	164.3	185.6	202.2	215.8	227.2	237.0	245.6
2	14.04	19.02	22.29	24.72	26.63	28.20	29.53	30.68	31.69
3	8.261	10.62	12.17	13.33	14.24	15.00	15.64	16.20	16.69
4	6.512	8.120	9.173	9.958	10.58	11.10	11.55	11.93	12.27
5	5.702	6.976	7.804	8.421	8.913	9.321	9.669	9.972	10.24
6	5.243	6.331	7.033	7.556	7.973	8.318	8.613	8.869	9.097
7	4.949	5.919	6.543	7.005	7.373	7.679	7.939	8.166	8.368
8	4.746	5.635	6.204	6.625	6.960	7.237	7.474	7.681	7.863
9	4.596	5.428	5.957	6.348	6.658	6.915	7.134	7.325	7.495
10	4.482	5.270	5.769	6.136	6.428	6.669	6.875	7.055	7.213
11	4.392	5.146	5.621	5.970	6.247	6.476	6.672	6.842	6.992
12	4.320	5.046	5.502	5.836	6.101	6.321	6.507	6.670	6.814
13	4.260	4.964	5.404	5.727	5.981	6.192	6.372	6.528	6.667
14	4.210	4.895	5.322	5.634	5.881	6.085	6.258	6.409	6.543
15	4.168	4.836	5.252	5.556	5.796	5.994	6.162	6.309	6.439
16	4.131	4.786	5.192	5.489	5.722	5.915	6.079	6.222	6.349
17	4.099	4.742	5.140	5.430	5.659	5.847	6.007	6.147	6.270
18	4.071	4.703	5.094	5.379	5.603	5.788	5.944	6.081	6.201
19	4.046	4.670	5.054	5.334	5.554	5.735	5.889	6.022	6.141
20	4.024	4.639	5.018	5.294	5.510	5.688	5.839	5.970	6.087
24	3.956	4.546	4.907	5.168	5.374	5.542	5.685	5.809	5.919
30	3.889	4.455	4.799	5.048	5.242	5.401	5.536	5.653	5.756
40	3.825	4.367	4.696	4.931	5.114	5.265	5.392	5.502	5.599
60	3.762	4.282	4.595	4.818	4.991	5.133	5.253	5.356	5.447
120	3.702	4.200	4.497	4.709	4.872	5.005	5.118	5.214	5.299
∞	3.643	4.120	4.403	4.603	4.757	4.882	4.987	5.078	5.157

$\nu \backslash n$	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	253.2	260.0	266.2	271.8	277.0	281.8	286.3	290.4	294.3
2	32.59	33.40	34.13	34.81	35.43	36.00	36.53	37.03	37.50
3	17.13	17.53	17.89	18.22	18.52	18.81	19.07	19.32	19.55
4	12.57	12.84	13.09	13.32	13.53	13.73	13.91	14.08	14.24
5	10.48	10.70	10.89	11.08	11.24	11.40	11.55	11.68	11.81
6	9.301	9.485	9.653	9.808	9.951	10.08	10.21	10.32	10.43
7	8.548	8.711	8.860	8.997	9.124	9.242	9.353	9.456	9.554
8	8.027	8.176	8.312	8.436	8.552	8.659	8.760	8.854	8.943
9	7.647	7.784	7.910	8.025	8.132	8.232	8.325	8.412	8.495
10	7.356	7.485	7.603	7.712	7.812	7.906	7.993	8.076	8.153
11	7.128	7.250	7.362	7.465	7.560	7.649	7.732	7.809	7.883
12	6.943	7.060	7.167	7.265	7.356	7.441	7.520	7.594	7.665
13	6.791	6.903	7.006	7.101	7.188	7.269	7.345	7.417	7.485
14	6.664	6.772	6.871	6.962	7.047	7.126	7.199	7.268	7.333
15	6.555	6.660	6.757	6.845	6.927	7.003	7.074	7.142	7.204
16	6.462	6.564	6.658	6.744	6.823	6.898	6.967	7.032	7.093
17	6.381	6.480	6.572	6.656	6.734	6.806	6.873	6.937	6.997
18	6.310	6.407	6.497	6.579	6.655	6.725	6.792	6.854	6.912
19	6.247	6.342	6.430	6.510	6.585	6.654	6.719	6.780	6.837
20	6.191	6.285	6.371	6.450	6.523	6.591	6.654	6.714	6.771
24	6.017	6.106	6.186	6.261	6.330	6.394	6.453	6.510	6.563
30	5.849	5.932	6.008	6.078	6.143	6.203	6.259	6.311	6.361
40	5.686	5.764	5.835	5.900	5.961	6.017	6.069	6.119	6.165
60	5.528	5.601	5.667	5.728	5.785	5.837	5.886	5.931	5.974
120	5.375	5.443	5.505	5.562	5.614	5.662	5.708	5.750	5.790
∞	5.227	5.290	5.348	5.400	5.448	5.493	5.535	5.574	5.611

TABLE 3 (Continued)

P = .99

ν \ n	20	22	24	26	28	30	32	34	36
1	298.0	304.7	310.8	316.3	321.3	326.0	330.3	334.3	338.0
2	37.95	38.76	39.49	40.15	40.76	41.32	41.84	42.33	42.78
3	19.77	20.17	20.53	20.86	21.16	21.44	21.70	21.95	22.17
4	14.40	14.68	14.93	15.16	15.37	15.57	15.75	15.92	16.08
5	11.93	12.16	12.36	12.54	12.71	12.87	13.02	13.15	13.28
6	10.54	10.73	10.91	11.06	11.21	11.34	11.47	11.58	11.69
7	9.646	9.815	9.970	10.11	10.24	10.36	10.47	10.58	10.67
8	9.027	9.182	9.322	9.450	9.569	9.678	9.779	9.874	9.964
9	8.573	8.717	8.847	8.966	9.075	9.177	9.271	9.360	9.443
10	8.226	8.361	8.483	8.595	8.698	8.794	8.883	8.966	9.044
11	7.952	8.080	8.196	8.303	8.400	8.491	8.575	8.654	8.728
12	7.731	7.853	7.964	8.066	8.159	8.246	8.327	8.402	8.473
13	7.548	7.665	7.772	7.870	7.960	8.043	8.121	8.193	8.262
14	7.395	7.508	7.611	7.705	7.792	7.873	7.948	8.018	8.084
15	7.264	7.374	7.474	7.566	7.650	7.728	7.800	7.869	7.932
16	7.152	7.258	7.356	7.445	7.527	7.602	7.673	7.739	7.802
17	7.053	7.158	7.253	7.340	7.420	7.493	7.563	7.627	7.687
18	6.968	7.070	7.163	7.247	7.325	7.398	7.465	7.528	7.587
19	6.891	6.992	7.082	7.166	7.242	7.313	7.379	7.440	7.498
20	6.823	6.922	7.011	7.092	7.168	7.237	7.302	7.362	7.419
24	6.612	6.705	6.789	6.865	6.936	7.001	7.062	7.119	7.173
30	6.407	6.494	6.572	6.644	6.710	6.772	6.828	6.881	6.932
40	6.209	6.289	6.362	6.429	6.490	6.547	6.600	6.650	6.697
60	6.015	6.090	6.158	6.220	6.277	6.330	6.378	6.424	6.467
120	5.827	5.897	5.959	6.016	6.069	6.117	6.162	6.204	6.244
∞	5.645	5.709	5.766	5.818	5.866	5.911	5.952	5.990	6.026

ν \ n	38	40	50	60	70	80	90	100
1	341.5	344.8	358.9	370.1	379.4	387.3	394.1	400.1
2	43.21	43.61	45.33	46.70	47.83	48.80	49.64	50.38
3	22.39	22.59	23.45	24.13	24.71	25.19	25.62	25.99
4	16.23	16.37	16.98	17.46	17.86	18.20	18.50	18.77
5	13.40	13.52	14.00	14.39	14.72	14.99	15.23	15.45
6	11.80	11.90	12.31	12.65	12.92	13.16	13.37	13.55
7	10.77	10.85	11.23	11.52	11.77	11.99	12.17	12.34
8	10.05	10.13	10.47	10.75	10.97	11.17	11.34	11.49
9	9.521	9.594	9.912	10.17	10.38	10.57	10.73	10.87
10	9.117	9.187	9.486	9.726	9.927	10.10	10.25	10.39
11	8.798	8.864	9.148	9.377	9.568	9.732	9.875	10.00
12	8.539	8.603	8.875	9.094	9.277	9.434	9.571	9.693
13	8.326	8.387	8.648	8.859	9.035	9.187	9.318	9.436
14	8.146	8.204	8.457	8.661	8.832	8.978	9.106	9.219
15	7.992	8.049	8.295	8.492	8.658	8.800	8.924	9.035
16	7.860	7.916	8.154	8.347	8.507	8.646	8.767	8.874
17	7.745	7.799	8.031	8.219	8.377	8.511	8.630	8.735
18	7.643	7.696	7.924	8.107	8.261	8.393	8.508	8.611
19	7.553	7.605	7.828	8.008	8.159	8.288	8.401	8.502
20	7.473	7.523	7.742	7.919	8.067	8.194	8.305	8.404
24	7.223	7.270	7.476	7.642	7.780	7.900	8.004	8.097
30	6.978	7.023	7.215	7.370	7.500	7.611	7.709	7.796
40	6.740	6.782	6.960	7.104	7.225	7.328	7.419	7.500
60	6.507	6.546	6.710	6.843	6.954	7.050	7.133	7.207
120	6.281	6.316	6.467	6.588	6.689	6.776	6.852	6.919
∞	6.060	6.092	6.228	6.338	6.429	6.507	6.575	6.636

TABLE 3 (Continued)

P = .999

ν	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	900.3	1351.	1643.	1856.	2022.	2158.	2272.	2370.	2455.
2	44.69	60.42	70.77	78.43	84.49	89.46	93.67	97.30	100.5
3	18.28	23.32	26.65	29.13	31.11	32.74	34.12	35.33	36.39
4	12.18	14.99	16.84	18.23	19.34	20.26	21.04	21.73	22.33
5	9.714	11.67	12.96	13.93	14.71	15.35	15.90	16.38	16.81
6	8.427	9.960	10.97	11.72	12.32	12.83	13.26	13.63	13.97
7	7.648	8.930	9.768	10.40	10.90	11.32	11.68	11.99	12.27
8	7.130	8.250	8.978	9.522	9.958	10.32	10.64	10.91	11.15
9	6.762	7.768	8.419	8.906	9.295	9.619	9.897	10.14	10.36
10	6.487	7.411	8.006	8.450	8.804	9.099	9.352	9.573	9.769
11	6.275	7.136	7.687	8.098	8.426	8.699	8.933	9.138	9.319
12	6.106	6.917	7.436	7.821	8.127	8.383	8.601	8.793	8.962
13	5.970	6.740	7.231	7.595	7.885	8.126	8.333	8.513	8.673
14	5.856	6.594	7.062	7.409	7.685	7.915	8.110	8.282	8.434
15	5.760	6.470	6.920	7.252	7.517	7.736	7.925	8.088	8.234
16	5.678	6.365	6.799	7.119	7.374	7.585	7.766	7.923	8.063
17	5.608	6.275	6.695	7.005	7.250	7.454	7.629	7.781	7.916
18	5.546	6.196	6.604	6.905	7.143	7.341	7.510	7.657	7.788
19	5.492	6.127	6.525	6.817	7.049	7.242	7.405	7.549	7.676
20	5.444	6.065	6.454	6.740	6.966	7.154	7.313	7.453	7.577
24	5.297	5.877	6.238	6.503	6.712	6.884	7.031	7.159	7.272
30	5.156	5.698	6.033	6.278	6.470	6.628	6.763	6.880	6.984
40	5.022	5.528	5.838	6.063	6.240	6.386	6.509	6.616	6.711
60	4.894	5.365	5.653	5.860	6.022	6.155	6.268	6.366	6.451
120	4.771	5.211	5.476	5.667	5.815	5.937	6.039	6.128	6.206
∞	4.654	5.063	5.309	5.484	5.619	5.730	5.823	5.903	5.973

ν	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	2532.	2600.	2662.	2718.	2770.	2818.	2863.	2904.	2943.
2	103.3	105.9	108.2	110.4	112.3	114.2	115.9	117.4	118.9
3	37.34	38.20	38.98	39.69	40.35	40.97	41.54	42.07	42.58
4	22.87	23.36	23.81	24.21	24.59	24.94	25.27	25.58	25.87
5	17.18	17.53	17.85	18.13	18.41	18.66	18.89	19.10	19.31
6	14.27	14.54	14.79	15.01	15.22	15.42	15.60	15.78	15.94
7	12.52	12.74	12.95	13.14	13.32	13.48	13.64	13.78	13.92
8	11.36	11.56	11.74	11.91	12.06	12.21	12.34	12.47	12.59
9	10.55	10.73	10.89	11.03	11.18	11.30	11.42	11.54	11.64
10	9.946	10.11	10.25	10.39	10.52	10.64	10.75	10.85	10.95
11	9.482	9.630	9.766	9.892	10.01	10.12	10.22	10.31	10.41
12	9.115	9.254	9.381	9.498	9.606	9.707	9.802	9.891	9.975
13	8.817	8.948	9.068	9.178	9.281	9.376	9.466	9.550	9.629
14	8.571	8.696	8.809	8.914	9.012	9.103	9.188	9.267	9.343
15	8.365	8.483	8.592	8.693	8.786	8.872	8.954	9.030	9.102
16	8.189	8.303	8.407	8.504	8.593	8.676	8.755	8.828	8.897
17	8.037	8.148	8.248	8.342	8.427	8.508	8.583	8.654	8.720
18	7.906	8.012	8.110	8.199	8.283	8.361	8.434	8.502	8.567
19	7.790	7.893	7.988	8.075	8.156	8.232	8.303	8.369	8.432
20	7.688	7.788	7.880	7.966	8.044	8.118	8.186	8.251	8.312
24	7.374	7.467	7.551	7.629	7.701	7.768	7.831	7.890	7.946
30	7.077	7.162	7.239	7.310	7.375	7.437	7.494	7.548	7.599
40	6.796	6.872	6.942	7.007	7.067	7.122	7.174	7.223	7.269
60	6.528	6.598	6.661	6.720	6.774	6.824	6.871	6.914	6.956
120	6.276	6.339	6.396	6.448	6.496	6.542	6.583	6.623	6.660
∞	6.036	6.092	6.144	6.191	6.234	6.274	6.312	6.347	6.380

TABLE 3 (Continued)

P = .999

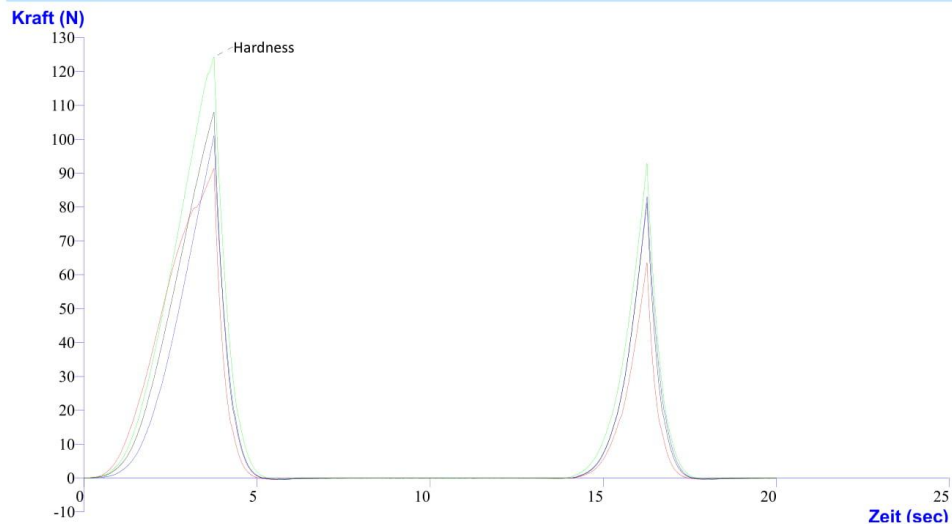
ν \ n	20	22	24	26	28	30	32	34	36
1	2980.	3047.	3108.	3163.	3213.	3260.	3303.	3343.	3380.
2	120.3	122.9	125.2	127.3	129.3	131.0	132.7	134.2	135.7
3	43.05	43.92	44.70	45.42	46.07	46.68	47.24	47.77	48.26
4	26.14	26.65	27.10	27.51	27.89	28.24	28.57	28.88	29.16
5	19.51	19.86	20.19	20.48	20.75	21.01	21.24	21.46	21.66
6	16.09	16.38	16.64	16.87	17.08	17.28	17.47	17.64	17.81
7	14.04	14.29	14.50	14.70	14.88	15.05	15.20	15.35	15.49
8	12.70	12.91	13.09	13.26	13.42	13.57	13.71	13.84	13.96
9	11.75	11.93	12.10	12.25	12.39	12.53	12.65	12.77	12.87
10	11.03	11.20	11.36	11.50	11.63	11.75	11.87	11.97	12.07
11	10.49	10.65	10.79	10.92	11.04	11.16	11.26	11.35	11.45
12	10.06	10.20	10.34	10.46	10.57	10.68	10.78	10.87	10.96
13	9.704	9.843	9.969	10.09	10.19	10.29	10.39	10.47	10.55
14	9.414	9.546	9.666	9.776	9.878	9.972	10.06	10.14	10.22
15	9.170	9.296	9.411	9.517	9.613	9.703	9.788	9.867	9.940
16	8.963	9.084	9.194	9.295	9.388	9.475	9.556	9.631	9.702
17	8.784	8.900	9.007	9.104	9.194	9.277	9.355	9.429	9.497
18	8.628	8.741	8.844	8.938	9.025	9.106	9.181	9.251	9.318
19	8.491	8.601	8.701	8.792	8.876	8.955	9.028	9.096	9.161
20	8.370	8.477	8.574	8.663	8.745	8.821	8.892	8.959	9.021
24	7.999	8.097	8.185	8.267	8.342	8.411	8.476	8.537	8.594
30	7.647	7.735	7.816	7.890	7.958	8.021	8.080	8.135	8.188
40	7.312	7.393	7.466	7.533	7.594	7.651	7.704	7.754	7.801
60	6.995	7.067	7.133	7.193	7.248	7.299	7.347	7.392	7.433
120	6.695	6.760	6.818	6.872	6.921	6.966	7.008	7.048	7.085
∞	6.411	6.469	6.520	6.568	6.611	6.651	6.689	6.723	6.756

ν \ n	38	40	50	60	70	80	90	100
1	3415.	3448.	3589.	3701.	3794.	3873.	3941.	4002.
2	137.0	138.3	143.7	148.0	151.6	154.7	157.4	159.7
3	48.72	49.16	51.02	52.51	53.75	54.81	55.72	56.53
4	29.43	29.68	30.78	31.65	32.37	32.98	33.52	34.00
5	21.86	22.03	22.82	23.45	23.97	24.41	24.80	25.15
6	17.96	18.10	18.73	19.22	19.64	20.00	20.31	20.58
7	15.62	15.74	16.27	16.69	17.04	17.35	17.61	17.85
8	14.07	14.18	14.64	15.01	15.32	15.59	15.82	16.02
9	12.97	13.07	13.49	13.82	14.10	14.34	14.55	14.74
10	12.16	12.25	12.63	12.94	13.20	13.42	13.61	13.78
11	11.53	11.62	11.97	12.25	12.49	12.70	12.88	13.04
12	11.03	11.11	11.44	11.71	11.94	12.13	12.29	12.45
13	10.63	10.70	11.01	11.27	11.48	11.66	11.82	11.97
14	10.30	10.37	10.66	10.91	11.11	11.28	11.43	11.57
15	10.01	10.08	10.37	10.59	10.79	10.96	11.10	11.23
16	9.769	9.833	10.11	10.34	10.52	10.68	10.82	10.95
17	9.562	9.623	9.888	10.10	10.29	10.44	10.58	10.70
18	9.381	9.440	9.696	9.904	10.08	10.23	10.36	10.48
19	9.221	9.279	9.528	9.730	9.899	10.04	10.17	10.29
20	9.081	9.137	9.379	9.575	9.740	9.881	10.01	10.12
24	8.648	8.700	8.921	9.100	9.250	9.380	9.494	9.596
30	8.237	8.283	8.484	8.647	8.783	8.901	9.004	9.096
40	7.845	7.887	8.067	8.214	8.337	8.442	8.535	8.618
60	7.473	7.510	7.671	7.802	7.911	8.005	8.088	8.161
120	7.121	7.153	7.296	7.411	7.507	7.590	7.662	7.726
∞	6.787	6.816	6.941	7.041	7.124	7.196	7.259	7.314

Anlage 3: Vorversuchsergebnisse der TPA-Methode mit der Kompressionsintensität von 30%

Thursday, 21 September, 2017 1:05 PM

Projekt Titel: Gurken-TPA-Durchmesser
Title: TPA Test



T.A SETTINGS

T.A. Variable Nr: 1: Druck

TPA 1

Vor Geschwindigkeit: 1,00 mm/sec

Test Geschwindigkeit: 0,80 mm/sec

Rück Geschwindigkeit: 5,00 mm/sec

Weg: 3,0 mm

Auslöse Kraft: 5,0 g

PRODUCT PARAMETERS

Charge: D_2,3_30%

Gemessen am: Donnerstag, 21. September
2017 13:04:01

Gemessen von: Daoud

Messpunkte pro Sekunde: 200

Werkzeug: P/75 ; 75mm

COMPRESSION PLATEN

Kapazität Kraftmesszelle : 50000g

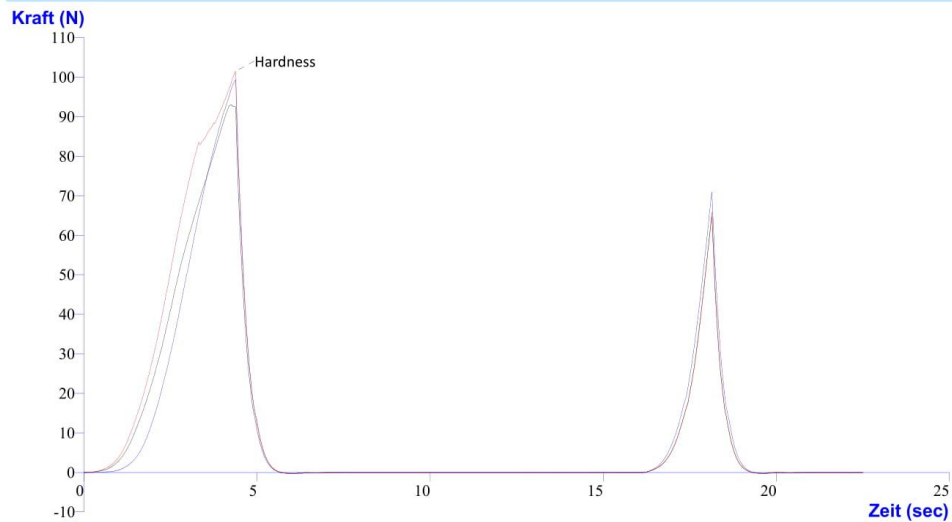
Ergebnisse

[illegible]

Anlage 4: Vorversuchsergebnisse der TPA-Methode mit der Kompressionsintensität von 35%

Thursday, 21 September, 2017 1:13 PM

Projekt Titel: Gurken-TPA-Durchmesser
Title: TPA Test



T.A SETTINGS

T.A. Variable Nr: 1: Druck

TPA 1

Vor Geschwindigkeit: 1,00 mm/sec

Test Geschwindigkeit: 0,80 mm/sec

Rück Geschwindigkeit: 5,00 mm/sec

Weg: 3,5 mm

Auslöse Kraft: 5,0 g

PRODUCT PARAMETERS

Charge: D_1,8_35%

Gemessen am: Donnerstag, 21. September
2017 13:09:54

Gemessen von: Daoud

Messpunkte pro Sekunde: 200

Werkzeug: P/75 ; 75mm

COMPRESSION PLATEN

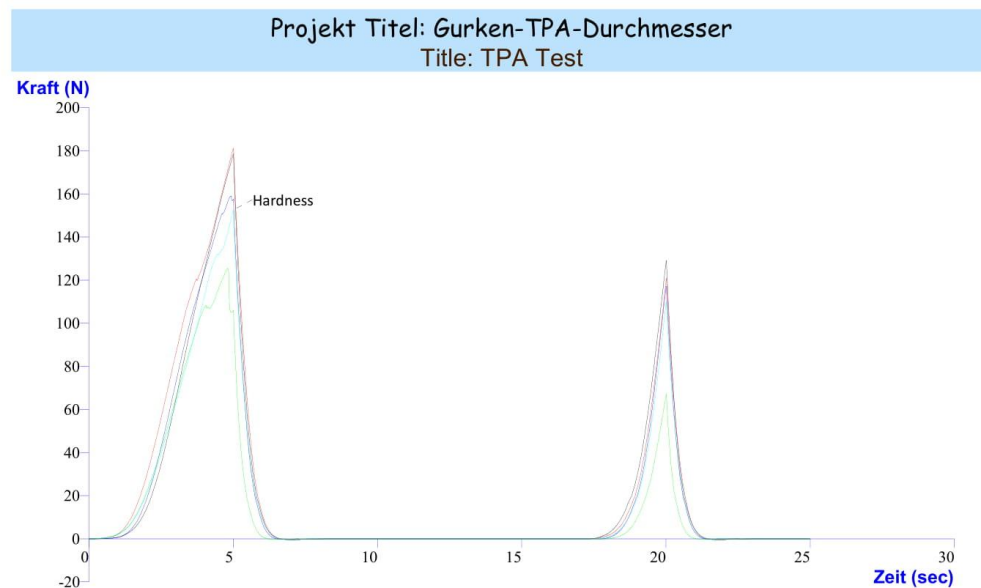
Kapazität Kraftmesszelle : 50000g

Ergebnisse

[illegible]

Anlage 5: Vorversuchsergebnisse der TPA-Methode mit der Kompressionsintensität von 40%

Friday, 13 October, 2017 11:09 AM



T.A SETTINGS

T.A. Variable Nr: 1: Druck

TPA 1

Vor Geschwindigkeit: 1,00 mm/sec

Test Geschwindigkeit: 0,80 mm/sec

Rück Geschwindigkeit: 5,00 mm/sec

Weg: 4,0 mm

Auslöse Kraft: 5,0 g

PRODUCT PARAMETERS

Charge: TPA 40%FDL_26.06.2017_Mitte

Gemessen am: Freitag, 13. Oktober 2017
11:06:40

Gemessen von: Daoud

Messpunkte pro Sekunde: 200

Werkzeug: P/75 ; 75mm

COMPRESSION PLATEN

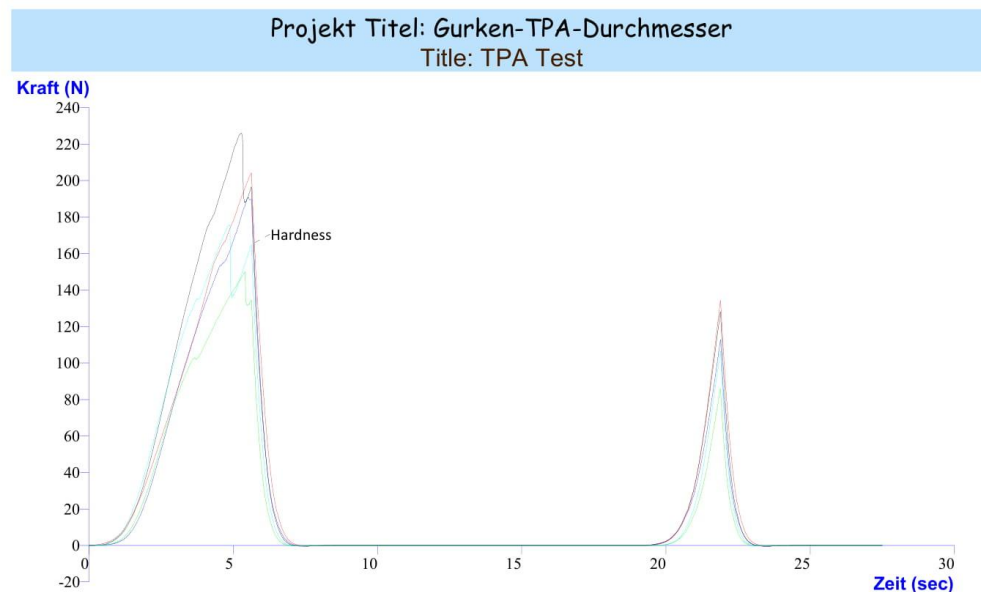
Kapazität Kraftmesszelle : 50000g

Ergebnisse

[illegible]

Anlage 6: Vorversuchsergebnisse der TPA-Methode mit der Kompressionsintensität von 45%

Friday, 13 October, 2017 11:21 AM



T.A SETTINGS

T.A. Variable Nr: 1: Druck

TPA 1

Vor Geschwindigkeit: 1,00 mm/sec

Test Geschwindigkeit: 0,80 mm/sec

Rück Geschwindigkeit: 5,00 mm/sec

Weg: 4,5 mm

Auslöse Kraft: 5,0 g

PRODUCT PARAMETERS

Charge: TPA 45%FDL_26.06.2017_Mitte

Gemessen am: Freitag, 13. Oktober 2017
11:18:55

Gemessen von: Daoud

Messpunkte pro Sekunde: 200

Werkzeug: P/75 ; 75mm

COMPRESSION PLATEN

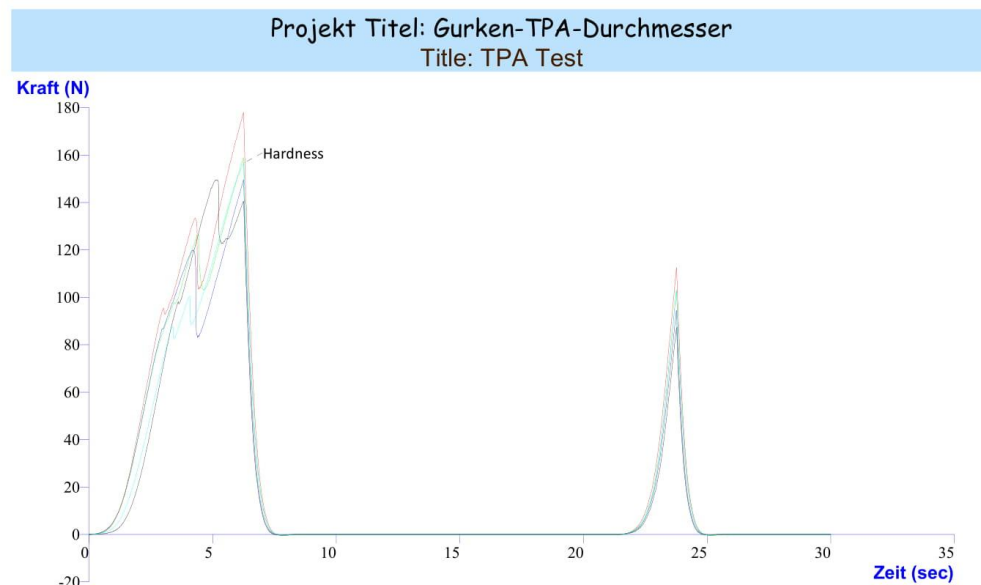
Kapazität Kraftmesszelle : 50000g

Ergebnisse

[illegible]

Anlage 7: Vorversuchsergebnisse der TPA-Methode mit der Kompressionsintensität von 50%

Friday, 13 October, 2017 10:33 AM



T.A SETTINGS

T.A. Variable Nr: 1: Druck

TPA 1

Vor Geschwindigkeit: 1,00 mm/sec

Test Geschwindigkeit: 0,80 mm/sec

Rück Geschwindigkeit: 5,00 mm/sec

Weg: 5,0 mm

Auslöse Kraft: 5,0 g

PRODUCT PARAMETERS

Charge: TPA50% FDL_26.06.2017_Stiel

Gemessen am: Freitag, 13. Oktober 2017
10:27:32

Gemessen von: Daoud

Messpunkte pro Sekunde: 200

Werkzeug: P/75 ; 75mm

COMPRESSION PLATEN

Kapazität Kraftmesszelle : 50000g

Ergebnisse

Test ID	Charge	K-1		Net/House Value*	Interest		1st Lien Debt	2nd Lien		3rd Lien		Subsequent		Auto/House Loan(s)	Reg 1		Lien Rank	LTV	Lender	Sales/Trans.		Gross Sale/Trans.	Taxes	Chg/House
		N	Non		N	Non		N	Non	N	Non	N	Non		N	Non				N	Non			
Start Charge	TRADFI, 36, 26, 2017, 36m																							
	TRADFI, 36, 26, 2017, 36m			25,950	160,555		20,000	150,557		38,000		500,000	2,840	1,117		2,270	70,333	0.145	12,595	0	20,204		8,198	
	TRADFI, 36, 26, 2017, 36m			39,245	191,553		39,245	191,553		39,245		408,129	4,407	8,167		1,711	77,951	0.158	10,000	0	23,677		8,949	
	TRADFI, 36, 26, 2017, 36m			12,533	177,863		68,120	143,421		59,700		606,105	1,905	4,462		1,367	69,535	0.173	21,021	0	38,814		11,899	
	TRADFI, 36, 26, 2017, 36m			18,120	185,552		18,120	185,552		18,120		478,172	2,000	4,188		1,150	78,188	0.162	10,000	0	25,812		9,544	
	TRADFI, 36, 26, 2017, 36m			16,676	155,555		61,704	104,452		35,381		474,607	8,204	2,811		1,580	87,395	0.184	13,205	0	28,812		11,863	
Midpoint	TRADFI, 36, 26, 2017, 36m																							
	TRADFI, 36, 26, 2017, 36m			168,008	160,737		47,447	135,897		47,447		500,000	69,303	51,120		2,104	84,339	0.168	11,021	0	26,588		8,945	
	TRADFI, 36, 26, 2017, 36m			1,170	162,125		32,125	130,000		32,125		474,607	1,714	3,706		7,025	79,445	0.161	11,714	0	26,588		8,945	
End Charge	TRADFI, 36, 26, 2017, 36m			8,528	8,508		17,049	14,307		17,049		14,307	14,605	-27,881		-40	1,586	12,893	0.035	10,378	5	10,575		

Anlage 8: Ermittlung der signifikanten Unterschiede beim TPA 25%-Härte-Parameter

Streuungsursache	Prüfgröße (F)	P-Wert	kritischer F-Wert
Chargen	3,10689451	0,03171374	2,73180704
Segmente	6,23568614	0,00317999	3,12390745
Chargen × Segmente	0,39505988	0,87989876	2,22740398

	FDP	FDL	KKP	KKL
FDP	0,000	3,128	1,989	1,002
FDL	3,128	0,000	5,117	4,129
KKP	1,989	5,117	0,000	0,987
KKL	1,002	4,129	0,987	0,000

GV=	4,677	= signifikant bei 5%	GV=	4,149	= signifikant bei 10%
GV=	5,734	=signifikant bei 1%	GV=	7,079	= signifikant bei 0,1%

	Stiel	Mitte	Blüte
Stiel	0,000	1,085	4,073
Mitte	1,085	0,000	5,158
Blüte	4,073	5,158	0,000

GV=	3,691	= signifikant bei 5%	GV=	3,201	= signifikant bei 10%
GV=	4,628	=signifikant bei 1%	GV=	5,815	= signifikant bei 0,1%

Anlage 9: Ermittlung der signifikanten Unterschiede beim TPA 25%-Kohäsion-Parameter

Streuungsursache	Prüfgröße (F)	P-Wert	kritischer F-Wert
Chargen	3,49786027	0,01976931	2,73180704
Segmente	7,18201684	0,00143214	3,12390745
Chargen × Segmente	1,48715534	0,19478955	2,22740398

	FDP	FDL	KKP	KKL
FDP	0,000	0,037	0,011	0,009
FDL	0,037	0,000	0,048	0,029
KKP	0,011	0,048	0,000	0,019
KKL	0,009	0,029	0,019	0,000

GV=	0,041	= signifikant bei 5%	GV=	0,036	= signifikant bei 10%
GV=	0,050	=signifikant bei 1%	GV=	0,062	= signifikant bei 0,1%

	Stiel	Mitte	Blüte
Stiel	0,000	0,011	0,037
Mitte	0,011	0,000	0,049
Blüte	0,037	0,049	0,000

GV=	0,032	= signifikant bei 5%	GV=	0,028	= signifikant bei 10%
GV=	0,040	=signifikant bei 1%	GV=	0,051	= signifikant bei 0,1%

Anlage 10: Ermittlung der signifikanten Unterschiede beim TPA 25%-Kaubarkeit-Parameter

Streuungsursache	Prüfgröße (F)	P-Wert	kritischer F-Wert
Chargen	2,2960014	0,08492796	2,73180704
Segmente	1,13480663	0,32716589	3,12390745
Chargen × Segmente	0,39599502	0,87929387	2,22740398

Anlage 11: Ermittlung der signifikanten Unterschiede beim TPA 25%-Gummiartigkeit-Parameter

Streuungsursache	Prüfgröße (F)	P-Wert	kritischer F-Wert
Chargen	1,80211337	0,15446205	2,73180704
Segmente	1,74688133	0,18162319	3,12390745
Chargen × Segmente	0,39813159	0,8779078	2,22740398

Anlage 12: Ermittlung der signifikanten Unterschiede beim TPA 25%-Elastizität-Parameter

Streuungsursache	Prüfgröße (F)	P-Wert	kritischer F-Wert
Chargen	3,21185545	0,02792817	2,73180704
Segmente	1,71281289	0,18762412	3,12390745
Chargen × Segmente	1,0155435	0,42218018	2,22740398

	FDP	FDL	KKP	KKL
FDP	0,000	0,032	0,007	0,035
FDL	0,032	0,000	0,025	0,003
KKP	0,007	0,025	0,000	0,028
KKL	0,035	0,003	0,028	0,000

GV=	0,034	= signifikant bei 5%	GV=	0,030	= signifikant bei 10%
GV=	0,045	=signifikant bei 1%	GV=	0,052	= signifikant bei 0,1%

	Stiel	Mitte	Blüte
Stiel	0,000	0,009	0,019
Mitte	0,009	0,000	0,010
Blüte	0,019	0,010	0,000

GV=	0,028	= signifikant bei 5%	GV=	0,023	= signifikant bei 10%
GV=	0,035	=signifikant bei 1%	GV=	0,043	= signifikant bei 0,1%

Anlage 13: Ermittlung der signifikanten Unterschiede beim TPA 25%-Adhäsion-Parameter

Streuungsursache	Prüfgröße (F)	P-Wert	kritischer F-Wert
Chargen	5,78890102	0,00132917	2,73180704
Segmente	13,3228741	1,1944E-05	3,12390745
Chargen × Segmente	8,91118137	2,8479E-07	2,22740398

	FDP	FDL	KKP	KKL
FDP	0,000	0,019	0,003	0,004
FDL	0,019	0,000	0,017	0,024
KKP	0,003	0,017	0,000	0,007
KKL	0,004	0,024	0,007	0,000

GV=	0,016	= signifikant bei 5%	GV=	0,014	= signifikant bei 10%
GV=	0,020	=signifikant bei 1%	GV=	0,024	= signifikant bei 0,1%

	Stiel	Mitte	Blüte
Stiel	0,000	0,022	0,004
Mitte	0,022	0,000	0,025
Blüte	0,004	0,025	0,000

GV=	0,013	= signifikant bei 5%	GV=	0,011	= signifikant bei 10%
GV=	0,016	=signifikant bei 1%	GV=	0,020	= signifikant bei 0,1%

Anlage 14: Ermittlung der signifikanten Unterschiede beim TPA 60%-Härte-Parameter

Streuungsursache	Prüfgröße (F)	P-Wert	kritischer F-Wert
Chargen	2,14477006	0,10204655	2,73180704
Segmente	1,658939	0,19753277	3,12390745
Chargen × Segmente	1,33406507	0,25335704	2,22740398

Anlage 15: Ermittlung der signifikanten Unterschiede beim TPA 60%-Kohäsion-Parameter

Streuungsursache	Prüfgröße (F)	P-Wert	kritischer F-Wert
Chargen	4,35177394	0,00711587	2,73180704
Segmente	15,2222797	3,0646E-06	3,12390745
Chargen × Segmente	0,78921572	0,58129104	2,22740398

	FDP	FDL	KKP	KKL
FDP	0,000	0,024	0,020	0,005
FDL	0,024	0,000	0,004	0,019
KKP	0,020	0,004	0,000	0,015
KKL	0,005	0,019	0,015	0,000

GV=	0,021	= signifikant bei 5%	GV=	0,018	= signifikant bei 10%
GV=	0,025	=signifikant bei 1%	GV=	0,031	= signifikant bei 0,1%

	Stiel	Mitte	Blüte
Stiel	0,000	0,012	0,037
Mitte	0,012	0,000	0,025
Blüte	0,037	0,025	0,000

GV=	0,016	= signifikant bei 5%	GV=	0,014	= signifikant bei 10%
GV=	0,021	=signifikant bei 1%	GV=	0,026	= signifikant bei 0,1%

Anlage 16: Ermittlung der signifikanten Unterschiede beim TPA 60%-Gummiartigkeit-Parameter

Streuungsursache	Prüfgröße (F)	P-Wert	kritischer F-Wert
Chargen	2,85428361	0,04308709	2,73180704
Segmente	3,28496745	0,04312605	3,12390745
Chargen × Segmente	1,52105835	0,18355783	2,22740398

	FDP	FDL	KKP	KKL
FDP	0,000	1,157	1,932	0,501
FDL	1,157	0,000	0,775	1,658
KKP	1,932	0,775	0,000	2,433
KKL	0,501	1,658	2,433	0,000

GV=	2,428	= signifikant bei 5%	GV=	2,154	= signifikant bei 10%
GV=	2,976	=signifikant bei 1%	GV=	3,674	= signifikant bei 0,1%

	Stiel	Mitte	Blüte
Stiel	0,000	0,138	1,702
Mitte	0,138	0,000	1,839
Blüte	1,702	1,839	0,000

GV=	1,916	= signifikant bei 5%	GV=	1,662	= signifikant bei 10%
GV=	2,402	=signifikant bei 1%	GV=	3,018	= signifikant bei 0,1%

Anlage 17: Ermittlung der signifikanten Unterschiede beim TPA 60%-Elastizität-Parameter

Streuungsursache	Prüfgröße (F)	P-Wert	kritischer F-Wert
Chargen	135,28122	1,6231E-29	2,73180704
Segmente	182,479253	6,4287E-29	3,12390745
Chargen × Segmente	140,101286	1,1785E-37	2,22740398

	FDP	FDL	KKP	KKL
FDP	0,000	0,036	0,023	0,010
FDL	0,036	0,000	0,013	0,026
KKP	0,023	0,013	0,000	0,013
KKL	0,010	0,026	0,013	0,000

GV=	0,025	= signifikant bei 5%	GV=	0,023	= signifikant bei 10%
GV=	0,031	=signifikant bei 1%	GV=	0,031	= signifikant bei 0,1%

	Stiel	Mitte	Blüte
Stiel	0,000	0,013	0,021
Mitte	0,013	0,000	0,009
Blüte	0,021	0,009	0,000

GV=	0,020	= signifikant bei 5%	GV=	0,020	= signifikant bei 10%
GV=	0,025	=signifikant bei 1%	GV=	0,032	= signifikant bei 0,1%

Anlage 18: Ermittlung der signifikanten Unterschiede beim TPA 60%-Bissfestigkeit-Parameter

Streuungsursache	Prüfgröße (F)	P-Wert	kritischer F-Wert
Chargen	0,71453906	0,54649491	2,73180704
Segmente	2,05569727	0,13545075	3,12390745
Chargen × Segmente	0,76759417	0,59782846	2,22740398

Anlage 19: Ermittlung der signifikanten Unterschiede beim TPA 60%-Bissfestigkeit-Parameter

Streuungsursache	Prüfgröße (F)	P-Wert	kritischer F-Wert
Chargen	0,71453906	0,54649491	2,73180704
Segmente	2,05569727	0,13545075	3,12390745
Chargen × Segmente	0,76759417	0,59782846	2,22740398

	FDP	FDL	KKP	KKL
FDP	0,000	8,274	0,065	7,972
FDL	8,274	0,000	8,210	0,302
KKP	0,065	8,210	0,000	7,907
KKL	7,972	0,302	7,907	0,000

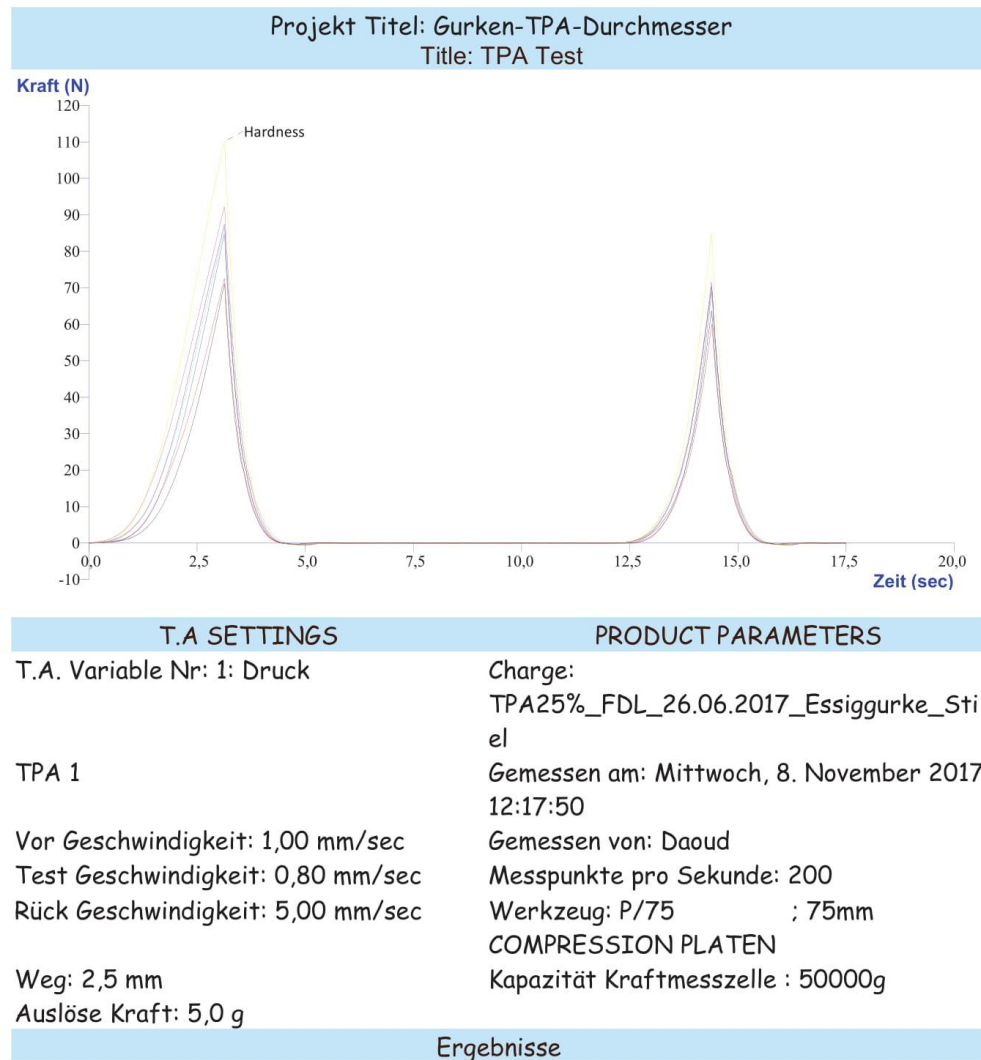
GV=	8,171	= signifikant bei 5%	GV=	7,248	= signifikant bei 10%
GV=	10,016	=signifikant bei 1%	GV=	12,366	= signifikant bei 0,1%

	Stiel	Mitte	Blüte
Stiel	0,000	3,426	8,418
Mitte	3,426	0,000	4,992
Blüte	8,418	4,992	0,000

GV=	6,448	= signifikant bei 5%	GV=	5,592	= signifikant bei 10%
GV=	8,084	=signifikant bei 1%	GV=	10,157	= signifikant bei 0,1%

Anlage 20: Kraft-Zeit-Kurve der TPA-Methode mit 25% Kompression. Beispiel (FDL_Stielende)

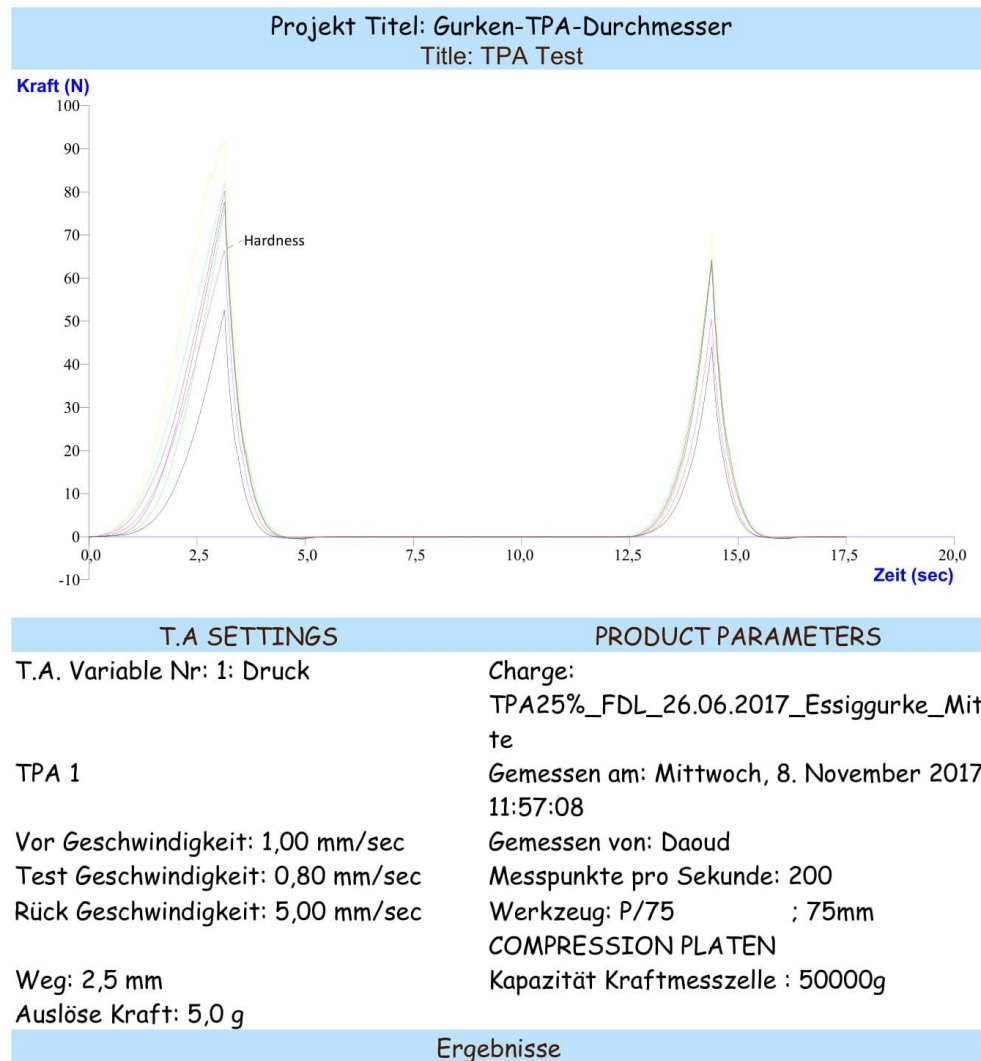
Wednesday, 08 November, 2017 12:20 PM



[illegible]

Anlage 21: Kraft-Zeit-Kurve der TPA-Methode mit 25% Kompression. Beispiel (FDL_Mitte)

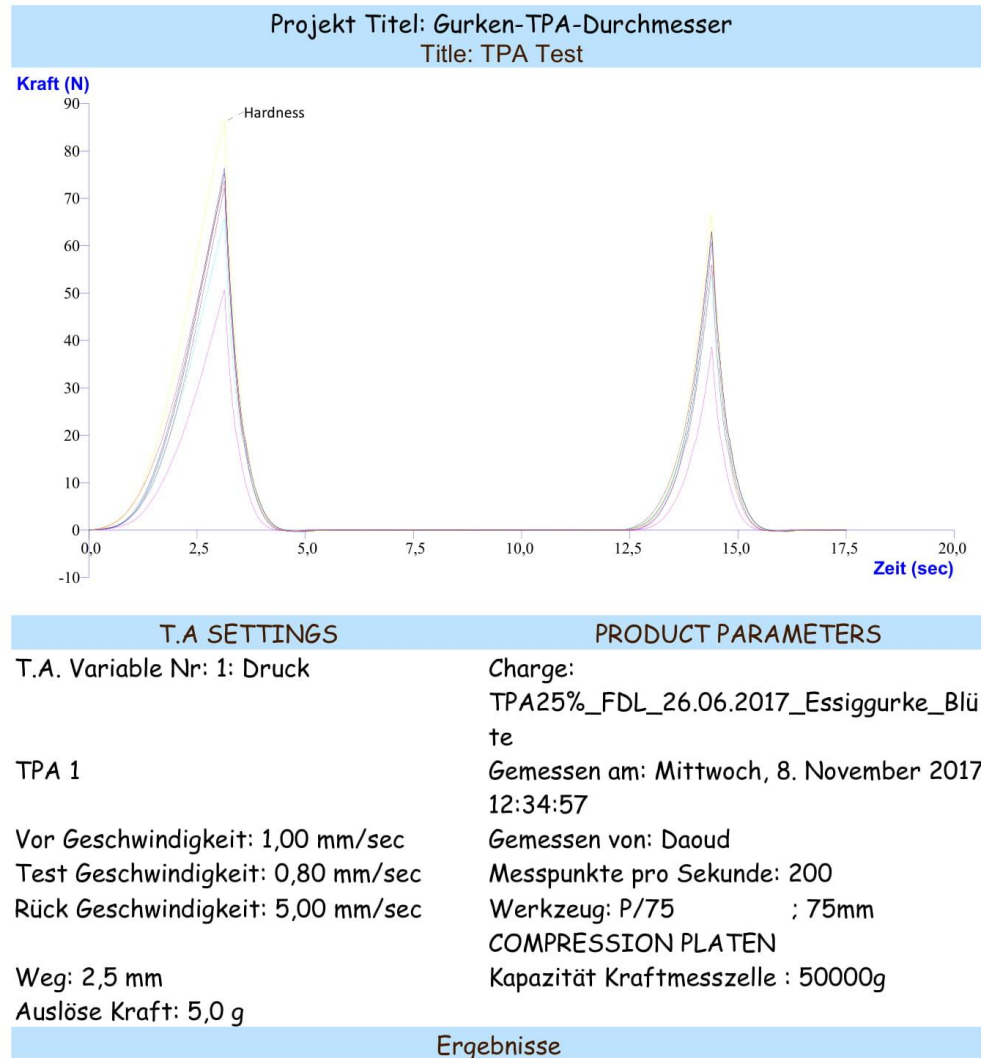
Wednesday, 08 November, 2017 12:02 PM



109

Anlage 22: Kraft-Zeit-Kurve der TPA-Methode mit 25% Kompression. Beispiel (FDL_Blütenende)

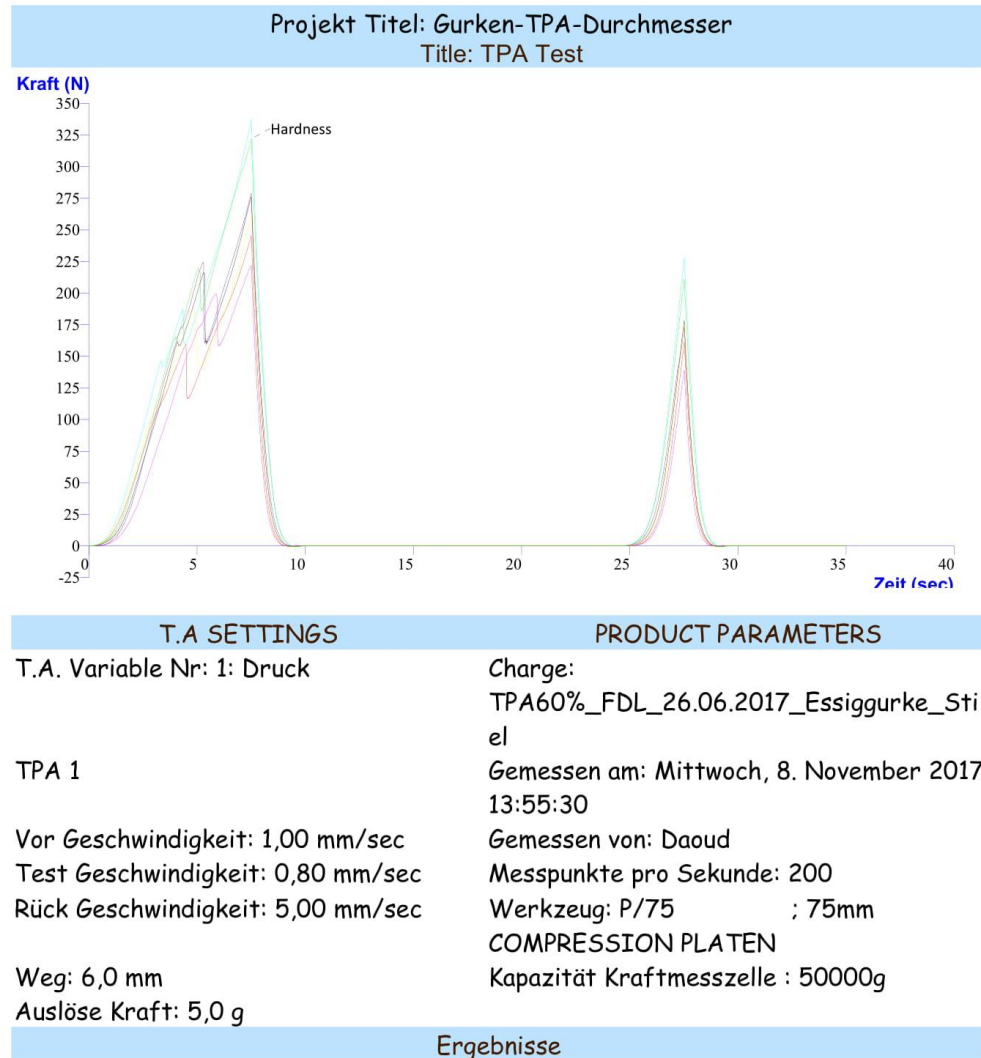
Wednesday, 08 November, 2017 12:36 PM



Start Charge	TP2017_F20_20.08.2017_Eingangs_R01	Charge	Kraft 2		KraftFläche	Inertanz	Flächet 2	FlächFläche	Weg 1.2		Flächet 3	Abweichung	AbwFläche	Weg 4.5		Flächet 6	Abweichung	Resistenz	Springendurchmesser	Gesamtfläche	Jaweeke	FlächFläche
			N	N					mm	mm				mm	mm							
Kraft 2: Kraftwechsel (Kraft 2) / (Kraft 2)																						
TP2017_F20_20.08.2017_Eingangs_R01	TP2017_F20_20.08.2017_Eingangs_R01	40.004	70.462	50.000	80.100	2.000	40.000	20.000	-0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
TP2017_F20_20.08.2017_Eingangs_R02	TP2017_F20_20.08.2017_Eingangs_R02	40.004	70.462	50.000	80.100	2.000	40.000	20.000	-0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
TP2017_F20_20.08.2017_Eingangs_R03	TP2017_F20_20.08.2017_Eingangs_R03	40.004	70.462	50.000	80.100	2.000	40.000	20.000	-0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
TP2017_F20_20.08.2017_Eingangs_R04	TP2017_F20_20.08.2017_Eingangs_R04	40.004	70.462	50.000	80.100	2.000	40.000	20.000	-0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
TP2017_F20_20.08.2017_Eingangs_R05	TP2017_F20_20.08.2017_Eingangs_R05	40.004	70.462	50.000	80.100	2.000	40.000	20.000	-0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
TP2017_F20_20.08.2017_Eingangs_R06	TP2017_F20_20.08.2017_Eingangs_R06	40.004	70.462	50.000	80.100	2.000	40.000	20.000	-0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
TP2017_F20_20.08.2017_Eingangs_R07	TP2017_F20_20.08.2017_Eingangs_R07	40.004	70.462	50.000	80.100	2.000	40.000	20.000	-0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
TP2017_F20_20.08.2017_Eingangs_R08	TP2017_F20_20.08.2017_Eingangs_R08	40.004	70.462	50.000	80.100	2.000	40.000	20.000	-0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Mittelwert																						
Standardabweichung	TP2017_F20_20.08.2017_Eingangs_R01-F	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
Varianzanalyse	TP2017_F20_20.08.2017_Eingangs_R01-F	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
Ende Testzeit	TP2017_F20_20.08.2017_Eingangs_R01-F	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004

Anlage 23: Kraft-Zeit-Kurve der TPA-Methode mit 60% Kompression. Beispiel (FDL_Stielende)

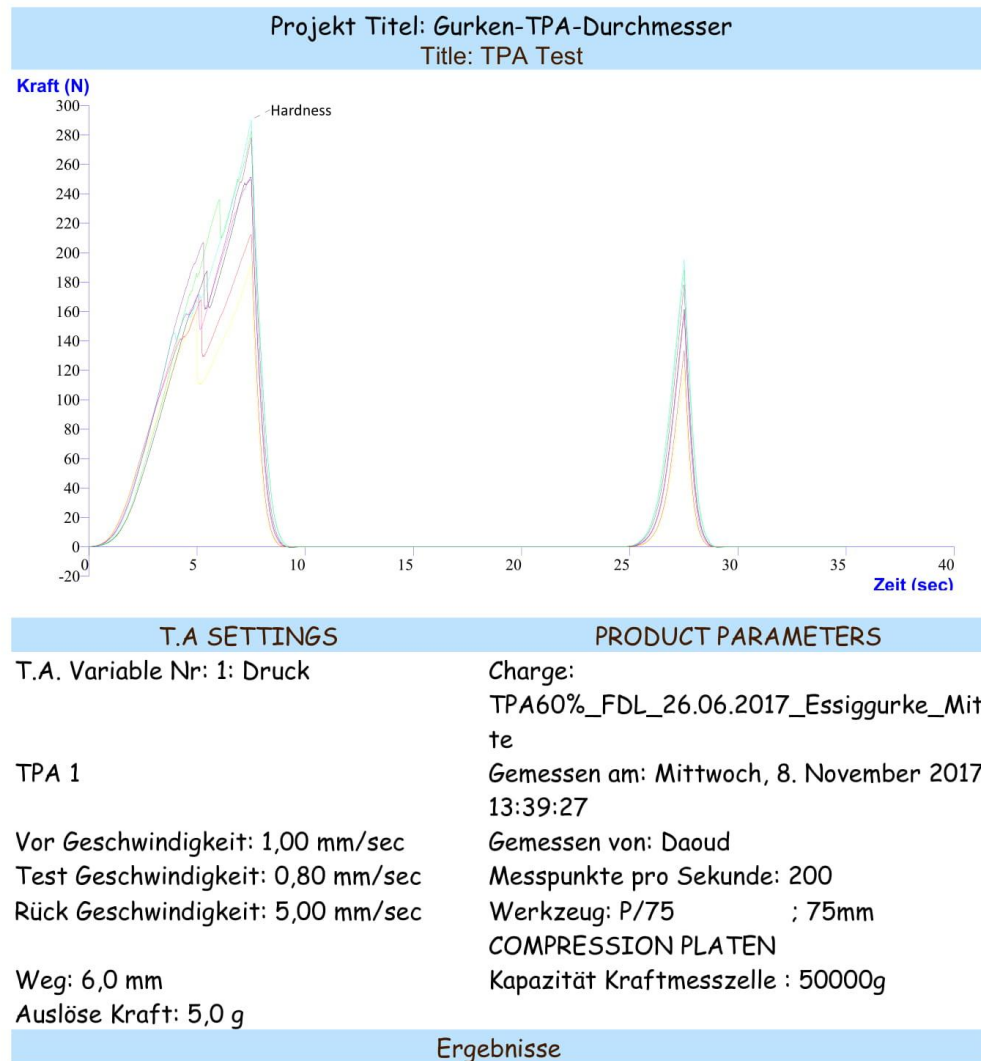
Wednesday, 08 November, 2017 2:05 PM



113

Anlage 24: Kraft-Zeit-Kurve der TPA-Methode mit 60% Kompression. Beispiel (FDL_Mitte)

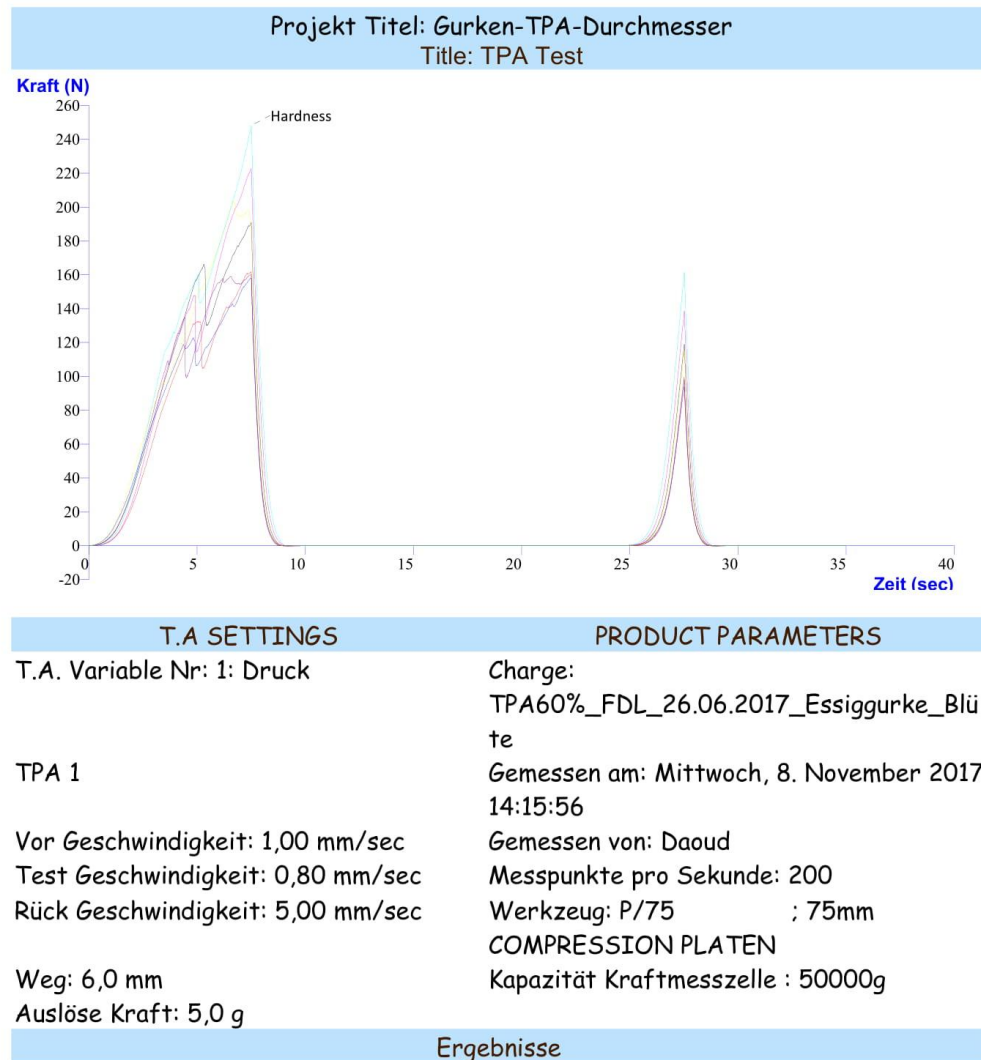
Wednesday, 08 November, 2017 1:47 PM



Test ID	Change	4x4.1.1.1	4x4.1.1.2	4x4.1.1.3	4x4.1.1.4	4x4.1.1.5	4x4.1.1.6	4x4.1.1.7	4x4.1.1.8	4x4.1.1.9	4x4.1.1.10	4x4.1.1.11	4x4.1.1.12	4x4.1.1.13	4x4.1.1.14	4x4.1.1.15	4x4.1.1.16	4x4.1.1.17	4x4.1.1.18	4x4.1.1.19	4x4.1.1.20	4x4.1.1.21	4x4.1.1.22	4x4.1.1.23	4x4.1.1.24	4x4.1.1.25	4x4.1.1.26	4x4.1.1.27	4x4.1.1.28	4x4.1.1.29	4x4.1.1.30	4x4.1.1.31	4x4.1.1.32	4x4.1.1.33	4x4.1.1.34	4x4.1.1.35	4x4.1.1.36	4x4.1.1.37	4x4.1.1.38	4x4.1.1.39	4x4.1.1.40	4x4.1.1.41	4x4.1.1.42	4x4.1.1.43	4x4.1.1.44	4x4.1.1.45	4x4.1.1.46	4x4.1.1.47	4x4.1.1.48	4x4.1.1.49	4x4.1.1.50	4x4.1.1.51	4x4.1.1.52	4x4.1.1.53	4x4.1.1.54	4x4.1.1.55	4x4.1.1.56	4x4.1.1.57	4x4.1.1.58	4x4.1.1.59	4x4.1.1.60	4x4.1.1.61	4x4.1.1.62	4x4.1.1.63	4x4.1.1.64	4x4.1.1.65	4x4.1.1.66	4x4.1.1.67	4x4.1.1.68	4x4.1.1.69	4x4.1.1.70	4x4.1.1.71	4x4.1.1.72	4x4.1.1.73	4x4.1.1.74	4x4.1.1.75	4x4.1.1.76	4x4.1.1.77	4x4.1.1.78	4x4.1.1.79	4x4.1.1.80	4x4.1.1.81	4x4.1.1.82	4x4.1.1.83	4x4.1.1.84	4x4.1.1.85	4x4.1.1.86	4x4.1.1.87	4x4.1.1.88	4x4.1.1.89	4x4.1.1.90	4x4.1.1.91	4x4.1.1.92	4x4.1.1.93	4x4.1.1.94	4x4.1.1.95	4x4.1.1.96	4x4.1.1.97	4x4.1.1.98	4x4.1.1.99	4x4.1.1.100	4x4.1.1.101	4x4.1.1.102	4x4.1.1.103	4x4.1.1.104	4x4.1.1.105	4x4.1.1.106	4x4.1.1.107	4x4.1.1.108	4x4.1.1.109	4x4.1.1.110	4x4.1.1.111	4x4.1.1.112	4x4.1.1.113	4x4.1.1.114	4x4.1.1.115	4x4.1.1.116	4x4.1.1.117	4x4.1.1.118	4x4.1.1.119	4x4.1.1.120	4x4.1.1.121	4x4.1.1.122	4x4.1.1.123	4x4.1.1.124	4x4.1.1.125	4x4.1.1.126	4x4.1.1.127	4x4.1.1.128	4x4.1.1.129	4x4.1.1.130	4x4.1.1.131	4x4.1.1.132	4x4.1.1.133	4x4.1.1.134	4x4.1.1.135	4x4.1.1.136	4x4.1.1.137	4x4.1.1.138	4x4.1.1.139	4x4.1.1.140	4x4.1.1.141	4x4.1.1.142	4x4.1.1.143	4x4.1.1.144	4x4.1.1.145	4x4.1.1.146	4x4.1.1.147	4x4.1.1.148	4x4.1.1.149	4x4.1.1.150	4x4.1.1.151	4x4.1.1.152	4x4.1.1.153	4x4.1.1.154	4x4.1.1.155	4x4.1.1.156	4x4.1.1.157	4x4.1.1.158	4x4.1.1.159	4x4.1.1.160	4x4.1.1.161	4x4.1.1.162	4x4.1.1.163	4x4.1.1.164	4x4.1.1.165	4x4.1.1.166	4x4.1.1.167	4x4.1.1.168	4x4.1.1.169	4x4.1.1.170	4x4.1.1.171	4x4.1.1.172	4x4.1.1.173	4x4.1.1.174	4x4.1.1.175	4x4.1.1.176	4x4.1.1.177	4x4.1.1.178	4x4.1.1.179	4x4.1.1.180	4x4.1.1.181	4x4.1.1.182	4x4.1.1.183	4x4.1.1.184	4x4.1.1.185	4x4.1.1.186	4x4.1.1.187	4x4.1.1.188	4x4.1.1.189	4x4.1.1.190	4x4.1.1.191	4x4.1.1.192	4x4.1.1.193	4x4.1.1.194	4x4.1.1.195	4x4.1.1.196	4x4.1.1.197	4x4.1.1.198	4x4.1.1.199	4x4.1.1.200	4x4.1.1.201	4x4.1.1.202	4x4.1.1.203	4x4.1.1.204	4x4.1.1.205	4x4.1.1.206	4x4.1.1.207	4x4.1.1.208	4x4.1.1.209	4x4.1.1.210	4x4.1.1.211	4x4.1.1.212	4x4.1.1.213	4x4.1.1.214	4x4.1.1.215	4x4.1.1.216	4x4.1.1.217	4x4.1.1.218	4x4.1.1.219	4x4.1.1.220	4x4.1.1.221	4x4.1.1.222	4x4.1.1.223	4x4.1.1.224	4x4.1.1.225	4x4.1.1.226	4x4.1.1.227	4x4.1.1.228	4x4.1.1.229	4x4.1.1.230	4x4.1.1.231	4x4.1.1.232	4x4.1.1.233	4x4.1.1.234	4x4.1.1.235	4x4.1.1.236	4x4.1.1.237	4x4.1.1.238	4x4.1.1.239	4x4.1.1.240	4x4.1.1.241	4x4.1.1.242	4x4.1.1.243	4x4.1.1.244	4x4.1.1.245	4x4.1.1.246	4x4.1.1.247	4x4.1.1.248	4x4.1.1.249	4x4.1.1.250	4x4.1.1.251	4x4.1.1.252	4x4.1.1.253	4x4.1.1.254	4x4.1.1.255	4x4.1.1.256	4x4.1.1.257	4x4.1.1.258	4x4.1.1.259	4x4.1.1.260	4x4.1.1.261	4
---------	--------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	---

Anlage 25: Kraft-Zeit-Kurve der TPA Methode mit 60% Kompression. Beispiel (FDL_Blütenende)

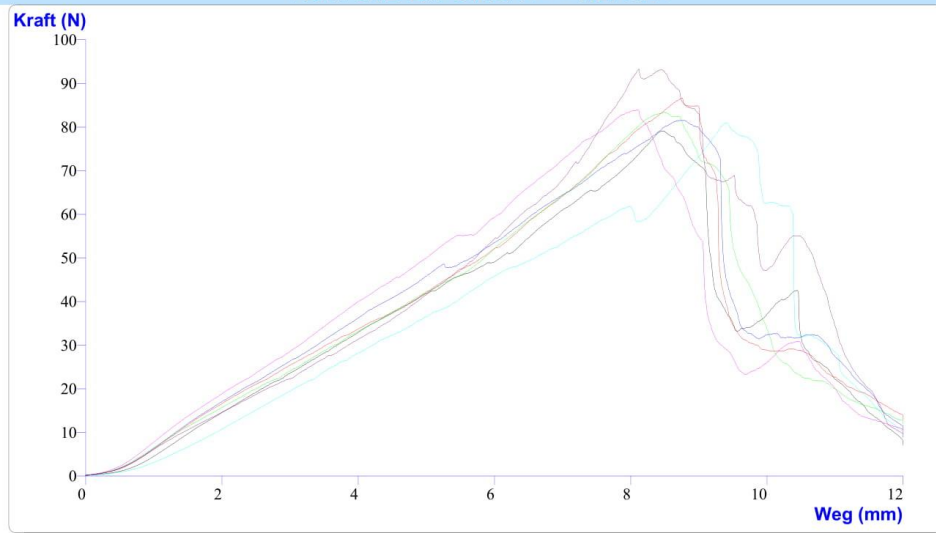
Wednesday, 08 November, 2017 2:23 PM



Anlage 26: Kraft-Zeit Kurve der WB-Methode. Beispiel (FDL_Stielende)

Wednesday, 08 November, 2017 11:03 AM

Projekt Titel: Gurken ohne Akustik TEXTURE EXPONENT³² REPORT



Dateiname: WB_FDL_26.06.2017_Essiggurke_Stiel

T.A SETTINGS

Test Art: Druck

Return to Start (Set Dist)

Vor Geschwindigkeit: 2,00 mm/sec

Test Geschwindigkeit: 1,00 mm/sec

Rück Geschwindigkeit: 10,00 mm/sec

Weg: 12,0 mm

Auslöse Kraft: 20,0 g

PRODUCT PARAMETERS

Charge:

Gemessen am: Mittwoch, 8. November 2017
11:01:29

Gemessen von: Daoud

Messpunkte pro Sekunde: 250

Werkzeug: HDP/WBR ; WARNER
BRATZLER RECTANGULAR NOTCH BLADE

Kapazität Kraftmesszelle : 50000g

Notes

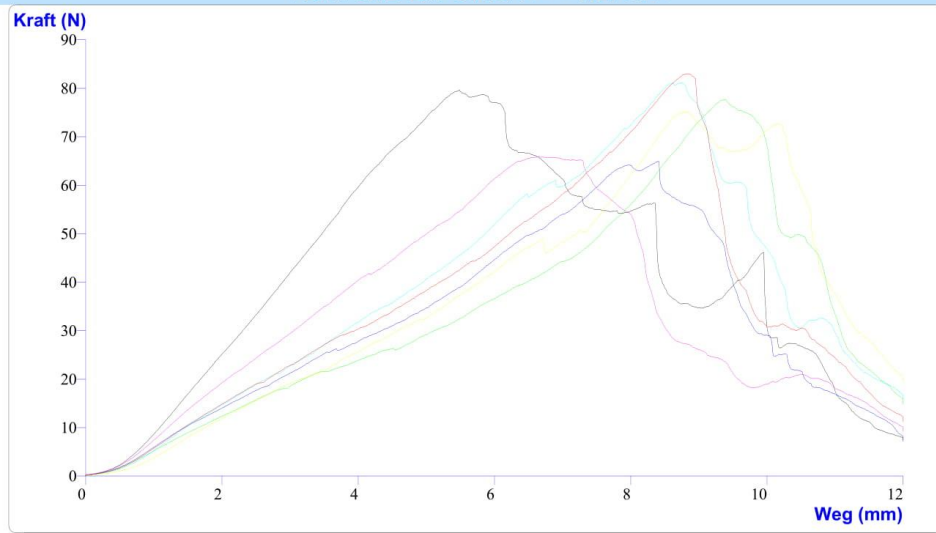
RESULTS

Test ID	Charge	Steigung N/mm	Kraft 1 N	Fläche N.mm	DurchmesserSteigung/Durchm mm	Kraft/Durchm. N/mm	Fläche1/Durchm. N/mm	Fläche F-D 1:5 N	Fläche2/Durchm. N
		Steigung F-D 2	Kraft 1	Fläche F-D 1:	InfoJ4	N/mm² D4/G4	N/mm E4/G4	N F4/G4	Fläche F-D 1:5 N
Start Charge: Unbekannt									
2L_26.06.2017_Essiggurke_	Unbekannt	9,35	79,11	299,2	21,0	0,445	3,767	14,25	20,36
2L_26.06.2017_Essiggurke_	Unbekannt	9,47	81,59	344,5	21,0	0,451	3,885	16,40	22,15
2L_26.06.2017_Essiggurke_	Unbekannt	9,80	86,65	340,4	25,0	0,392	3,466	13,62	18,05
2L_26.06.2017_Essiggurke_	Unbekannt	9,81	83,40	316,4	24,0	0,409	3,475	13,18	18,85
2L_26.06.2017_Essiggurke_	Unbekannt	8,19	81,02	323,2	25,0	0,328	3,241	12,93	17,15
2L_26.06.2017_Essiggurke_	Unbekannt	10,52	83,96	326,6	23,0	0,457	3,650	14,20	20,00
2L_26.06.2017_Essiggurke_	Unbekannt	11,52	93,33	292,5	23,0	0,501	4,058	12,72	21,91
Ende Charge: Unbekannt									
Mittelwert:	Unbekannt (F)	9,81	84,15	320,4	23,1	0,426	3,649	13,90	19,78
Standardabweichung	Unbekannt (F)	1,03	4,71	19,5	1,7	0,056	0,279	1,25	1,88
Variationskoeffizient	Unbekannt (F)	10,53	5,59	6,1	7,2	13,114	7,648	9,02	9,53
Ende Testdaten									

Anlage 27: Kraft-Zeit-Kurve der WB-Methode. Beispiel (FDL_Mitte)

Wednesday, 08 November, 2017 10:49 AM

Projekt Titel: Gurken ohne Akustik TEXTURE EXPONENT³² REPORT



Dateiname: WB_FDP_25.06.2017_Essiggurke_Mitte

T.A SETTINGS

Test Art: Druck
Return to Start (Set Dist)

Vor Geschwindigkeit: 2,00 mm/sec
Test Geschwindigkeit: 1,00 mm/sec
Rück Geschwindigkeit: 10,00 mm/sec

Weg: 12,0 mm
Auslöse Kraft: 20,0 g

PRODUCT PARAMETERS

Charge:
Gemessen am: Mittwoch, 8. November 2017 10:42:15
Gemessen von: Daoud
Messpunkte pro Sekunde: 250
Werkzeug: HDP/WBR ; WARNER
BRATZLER RECTANGULAR NOTCH BLADE
Kapazität Kraftmesszelle : 50000g

Notes

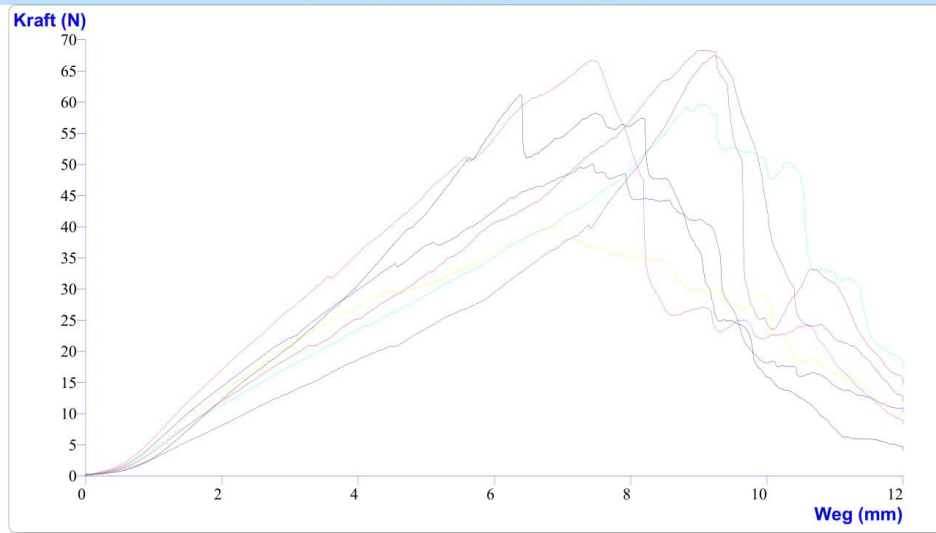
RESULTS

Test ID	Charge	Steigung N/mm	Kraft 1 N	Fläche N.mm	DurchmesserSteigung/Durchm mm	Kraft/Durchm N/mm	Fläche1/Durchm N/mm	Fläche F-D 1:5 N	Fläche2/Durchm N
		Steigung F-D 1:5	Kraft 1	Fläche F-D 1:5	Info:J4	N/mm² D4/G4	N/mm E4/G4	N F4/G4	Fläche F-D 1:5 N
Start Charge: Unbekannt	Unbekannt								
IL_26.06.2017_Essiggurke_	Unbekannt	16,99	79,63	208,5	19,0	0,894	4,191	10,97	491,8
IL_26.06.2017_Essiggurke_	Unbekannt	7,89	64,95	260,4	19,0	0,415	3,419	13,71	369,5
IL_26.06.2017_Essiggurke_	Unbekannt	9,12	83,00	317,5	23,0	0,396	3,609	13,81	425,0
IL_26.06.2017_Essiggurke_	Unbekannt	7,90	77,65	288,9	24,0	0,329	3,236	12,04	406,9
IL_26.06.2017_Essiggurke_	Unbekannt	9,26	81,16	318,9	24,0	0,386	3,382	13,29	457,3
IL_26.06.2017_Essiggurke_	Unbekannt	10,27	65,95	217,8	21,0	0,489	3,140	10,37	390,7
IL_26.06.2017_Essiggurke_	Unbekannt	8,24	75,17	267,4	22,0	0,375	3,417	12,15	438,2
Ende Charge: Unbekannt	Unbekannt								
Mittelwert:	Unbekannt (F)	9,95	75,36	268,5	21,7	0,469	3,485	12,33	425,6
Standardabweichung	Unbekannt (F)	3,22	7,22	44,0	2,1	0,194	0,345	1,34	41,4
Variationskoeffizient	Unbekannt (F)	32,35	9,58	16,4	9,8	41,249	9,902	10,87	9,7
Ende Testdaten									

Anlage 28: Kraft-Zeit-Kurve der WB-Methode. Beispiel (FDL_Blütenende)

Wednesday, 08 November, 2017 11:19 AM

Projekt Titel: Gurken ohne Akustik TEXTURE EXPONENT³² REPORT



Dateiname: WB_FDL_26.06.2017_Essiggurke_Blüte

T.A SETTINGS

Test Art: Druck
Return to Start (Set Dist)

Vor Geschwindigkeit: 2,00 mm/sec
Test Geschwindigkeit: 1,00 mm/sec
Rück Geschwindigkeit: 10,00 mm/sec

Weg: 12,0 mm
Auslöse Kraft: 20,0 g

PRODUCT PARAMETERS

Charge:
Gemessen am: Mittwoch, 8. November 2017 11:15:26
Gemessen von: Daoud
Messpunkte pro Sekunde: 250
Werkzeug: HDP/WBR ; WARNER
BRATZLER RECTANGULAR NOTCH BLADE
Kapazität Kraftmesszelle : 50000g

Notes

RESULTS

Test ID	Charge	Steigung N/mm	Kraft 1 N	Fläche N.mm	Durchmesser/Steigung/Durchm mm	Kraft/Durchm. N/mm	Fläche1/Durchm. N	Fläche F-D 1:5 N.mm	Fläche2/Durchm. N
		Steigung F-D 2	Kraft 1	Fläche F-D 1:	Info/J4	D4/G4	E4/G4	F4/G4	K4/G4
Start Charge: Unbekannt		Unbekannt							
WB_FDL_26.06.2017_Essiggurke_Blüte01	Unbekannt	6,06	40,09	147,1	17,0	0,356	2,358	8,65	284,6
WB_FDL_26.06.2017_Essiggurke_Blüte02	Unbekannt	7,21	50,06	195,6	17,0	0,424	2,945	11,51	323,8
WB_FDL_26.06.2017_Essiggurke_Blüte03	Unbekannt	7,36	68,33	276,7	19,0	0,387	3,596	14,56	372,0
WB_FDL_26.06.2017_Essiggurke_Blüte04	Unbekannt	10,54	61,13	158,4	22,0	0,479	2,779	7,20	337,5
WB_FDL_26.06.2017_Essiggurke_Blüte05	Unbekannt	6,20	59,64	242,6	21,0	0,295	2,840	11,55	362,3
WB_FDL_26.06.2017_Essiggurke_Blüte06	Unbekannt	9,30	66,68	244,3	20,0	0,465	3,334	12,21	371,0
WB_FDL_26.06.2017_Essiggurke_Blüte07	Unbekannt	7,56	67,48	227,8	23,0	0,329	2,934	9,90	319,5
Ende Charge: Unbekannt		Unbekannt							
Mittelwert:		Unbekannt (F)	7,75	59,06	213,2	0,391	2,969	10,80	338,7
Standardabweichung		Unbekannt (F)	1,63	10,49	47,9	0,069	0,399	2,44	32,2
Variationskoeffizient		Unbekannt (F)	21,05	17,76	22,5	17,678	13,431	22,56	9,5
Ende Testdaten									

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