



Hochschule Neubrandenburg
University of Applied Sciences

Hochschule Neubrandenburg
Fachbereich Agrarwirtschaft und Lebensmittelwissenschaften
Studiengang Bioprodukttechnologie
WS 2011/2012

**Untersuchung von Gesichtscremes für „trockene“ und für „fettige“ Haut
mittels ausgewählter subjektiver und objektiver Messmethoden**

Bachelorarbeit

Verfasser: Tiedemann, Julia

Betreuer der Hochschule Neubrandenburg: Prof. Dr. Jörg Meier

Betreuerin bei proDERM: Dipl.-Phys. Marianne Brandt

Neubrandenburg, 13.01.2012

[urn:nbn:de:gbv:519-thesis2011-0548-5](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:gbv:519-thesis2011-0548-5)

Abstract

For choosing a face cream, which is suitable to the individual type of skin, consumers have to orientate their selves on the declaration of the creams' packaging. The declaration regarding to applicability for different types of skin currently is not enforced by the usage of a universal method, more specifically there are no indications made in literature. Because of that developing a method for categorizing face creams in suitability for „dry“ or „oily“ skin by sensory assessment was aspired. In this context the correlation between consumers' preference regarding to their type of skin and the sensory assessment trough sensory panel was examined. The consumer were separated into two groups, “dry” and “oily” skin, by measuring the skin's fat content on the face. To achieve information about correlation between consumers' preference and sensory assessment trough a trained panel a creams attributes richness and absorption were evaluated. The sensitivity of the trained panel's measuring range was determined with the aid of instrumental detection of the crème caused alteration of the skin's fat content. Additionally some modifications of assessment trough sensory panel for elaborating the measuring range and its aptitude for implementation in practice are discussed in this bachelor thesis.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	5
1.1 Ziel der Arbeit	6
2 Theoretischer Hintergrund	7
2.1 Stand der Wissenschaft und Technik in der Kosmetik.....	7
2.2 Trainiertes Sensorikpanel.....	9
2.3 Consumertest.....	10
2.4 Sebumeter SM 810.....	11
2.4.1 Funktionsprinzip des Sebumeters SM 810.....	11
2.4.2 Interpretation der Messung zur Einstufung des Hautzustandes.....	12
3 Material und Methoden	13
3.1 Messmethoden.....	14
3.2 Sensorische Bewertung durch trainierte Panelisten.....	14
3.2.1 Ausgewählte Attribute - Sensorikpanel.....	15
3.3 Sensorische Bewertung im Consumertest	16
3.3.1 Ausgewählte Attribute - Consumertest	16
3.4 Möglichkeiten der statistischen Auswertung.....	17
3.4.1 Auswertung der paarweisen Vergleichsprüfung mittels Tabellen.....	17
3.4.2 Ausreißertest nach Grubbs	20
3.4.3 Varianzanalyse ANOVA.....	21
3.4.4 Untersuchung auf signifikanten Unterschied mittels T-Test.....	24
3.4.5 Regressionsanalyse.....	26
4 Ergebnisse	28
4.1 Ergebnisse der Panelistenbewertung	29
4.2 Ergebnisse des Consumertests.....	32
4.3 Zusammenhang zwischen Reichhaltigkeit und Einziehvermögen	37
5 Diskussion und Schlussfolgerung	38
5.1 Zusammenhang der Ergebnisse im trainierten Sensorikpanel.....	38

5.2 Zusammenhang der Ergebnisse der Consumerbewertung	40
5.3 Schlussfolgerungen	42
6 Zusammenfassung	43
7 Literaturverzeichnis.....	44
8 Verzeichnis der Tabellen und Abbildungen	46
8.1 Tabellen.....	46
8.2 Abbildungen	47
9 Anhang	48
9.1 Verzeichnis der Anlagen	48
9.2 Anlagen	49
Erklärung über die selbstständige Anfertigung der Arbeit.....	63

1 Einleitung

Die Sensorik, „das Messen mit menschlichen Sinnen“, ist ein noch recht junges wissenschaftliches Gebiet, welches jedoch stetig weiterentwickelt und um neue Methoden erweitert wird. Im Bereich der Lebensmittel ist sie heute nicht mehr wegzudenken und findet nahezu überall Anwendung. Ein Verbraucher richtet sich bei der Entscheidung für oder gegen den Kauf eines handelsüblichen Produktes stets nach seinen Sinnen. Werden diese subjektiven Sinneseindrücke beim Verbraucher erfasst, spricht man unter anderem von Marktforschung, Akzeptanz und Präferenz. Sollen jedoch diese empfundenen Sinneseindrücke objektiv wiedergegeben werden, so ist der analytische Bereich der Sensorik gefragt. Diese beiden Gesichtspunkte spiegeln die Wichtigkeit der Sensorik für Produktentwicklung, Qualitätssicherung und für verschiedenste Marktanalysen wider. Obwohl die Lebensmittelsensorik weiter auf dem Vormarsch ist, ist dieser Trend in anderen Produktbranchen geringfügiger zu erkennen. Besonders im Bereich der Kosmetik ließe sich die Sensorik sehr vielseitig anwenden, da kosmetische Produkte vorwiegend die Sinne des Verbrauchers stimulieren. Egal ob Reinigung, Pflege oder Parfümierung, hier wird häufig mehr mit Wellnessgefühl und Dufterlebnis geworben, als mit der tatsächlichen Wirkung eines Produktes. Es wird also gezielt mit der Verknüpfung aus Empfindung und Emotion geworben. Die mit den Sinnen empfundenen Eigenschaften eines Produktes und die damit verbundenen Emotionen des Verbrauchers lassen sich durch keine instrumentelle Analysemethode vollständig erfassen. Doch über die wohl am besten geeignete Methode zur Erfassung derart komplexer Verhältnisse, die sensorische Bewertung von kosmetischen Produkten, ist an veröffentlichter Literatur recht wenig getätigt worden. So erschwert dies die Anwendung der Sensorik von Kosmetikprodukten in „kleineren“ Unternehmen, da zur Implementierung ein hohes Maß an Know-How und Entwicklungskosten aufgewendet werden müssen. Dabei ist doch ausgerechnet im Kosmetiksektor ein riesiges Potenzial für sensorische Analysen gegeben. Alleine das weite Gebiet der Duftnuancen von Rinse-Off-Produkten würde Unmengen an sensorischen Daten erzeugen können. Für Leave-On-Produkte wäre eine Analyse der für die Kaufentscheidung ausschlaggebenden Eigenschaften einer Hautcreme interessant oder die mögliche Optimierung eines Merkmals zur Erhöhung der allgemeinen Produktakzeptanz. Unter Berücksichtigung aller sensorischer Raffinesse können sich daraus innovative Möglichkeiten und entsprechend wahre Wettbewerbsvorteile ergeben.

1.1 Ziel der Arbeit

In dieser Arbeit soll folgende Fragestellung untersucht werden: „Ist durch die sensorische Messung der Reichhaltigkeit und des Einziehvermögens mit einem trainierten Sensorikpanel eine Kategorisierung von Gesichtscremes in Eignung für „trockene“ oder für „fettige Haut“ möglich?“ Mit dieser Arbeit soll eine Verknüpfung von definierten Verbraucherempfindungen mit analytischen sensorischen Bewertungen erzielt werden. Die Untersuchung eines Zusammenhanges, bzw. die Eignung einer entwickelten Methodik, wird über das Erreichen einzelner Detailziele angestrebt.

Im Detail soll die Eignung der sensorischen Bewertung der Attribute Reichhaltigkeit und Einziehvermögen zur Erfassung von Produktunterschieden bei Gesichtscremes untersucht werden. Beide Attribute wurden im Rahmen der Erstellung des hier eingesetzten Sensorikpanels entwickelt. Zusätzlich wird die Korrelation von begleitenden Messungen mittels Sebumeter mit den Ergebnissen des Panels untersucht. Zur Erfüllung der Zielstellung dieser Arbeit wird ein weiteres wichtiges Detailziel relevant. Es soll ersichtlich werden, ob die Bevorzugung einer Gesichtscrème durch den Hauttyp des Anwenders und der Reichhaltigkeit bzw. des Einziehvermögens des Produktes gesteuert wird. Hierfür wird im Rahmen eines Consumertests untersucht, ob eine Unterteilung der Consumer in Bewerter mit „trockener“ oder „fettiger“ Gesichtshaut mittels Sebumeter möglich ist. Weiterführend soll ersichtlich werden, ob durch derartige Einteilung der Consumer und der Erfragung der Präferenz eine Abhängigkeit von Produktbevorzugung und Hauttyp besteht.

Anhand verschiedener Fragestellungen sollen die Ergebnisse für die Anwendung in der Praxis, mögliche Modifikationen zur „Ergebnisverbesserung“ und eventuelle Anpassungen der vorherig definierten Attribute diskutiert, sowie Empfehlungen formuliert werden.

2 Theoretischer Hintergrund

Zum derzeitigen Stand der Wissenschaft lässt sich im Bereich der Lebensmittel viel auflisten. Neben diversen DIN-Normen, welche die Sensorik von Prüferauswahl, Schulung und Training über Prüfmethoden bis hin zur vollständigen statistischen Auswertung behandeln, wurden in den letzten Jahren viele englischsprachige Veröffentlichungen getätigt. Sie beziehen sich häufig auf die sensorische Bewertung spezieller Produktgruppen, wie z.B. die Untersuchung der Akzeptanz von Cheddar- Käse (Prinsloo, 2007) oder die Betrachtung der ausschlaggebenden Merkmale von Bier (Lelièvre et al., 2009), lassen sich aber auch gut auf andere Produktgruppen übertragen. Hinzu kommen die Weiter- und Neuentwicklungen von sensorischen Methoden. So beschäftigten sich 2001 Dijksterhuis, G. B. und Piggott, J.R mit dynamischen Methoden der sensorischen Analyse. Es wurde versucht die Time-Intensity-Methode, welche sich bisher eher auf einzelne Geschmacksausprägungen wie süß oder bitter bezog, auf die Texturänderung eines Produktes beim Kauvorgang zu übertragen. Guest et al. beschäftigten sich 2011 mit der Entwicklung eines Wörterlexikons zur Beschreibung von Berühr- und Tastempfindungen für ein besseres Charakterisieren der Produkthaptik. Es finden sich auch Arbeiten zum Vergleich verschiedener analytischer Methoden. Zum Beispiel wird der Vorteil des Flashprofiling im Vergleich zu konventionellen Profilen nachgewiesen, da hierbei trotz gleicher Aussagekraft ein geringerer Aufwand entsteht (Delarue, 2004). Im Flashprofiling werden ungeschulte Bewerter in die Systematiken eingewiesen und unter Nutzung des eigenen Wortschatzes zur Generierung von Produktunterschieden und Merkmalen für die Erstellung eines Profils verwendet. Dies ist nur eine kleine Auswahl an verfügbarer, aktueller Literatur für die Lebensmittelsensorik.

2.1 Stand der Wissenschaft und Technik in der Kosmetik

Das oben genannte Spektrum an unterschiedlichsten Möglichkeiten zeigt einerseits, welche Vielfalt die Sensorik in ihrer Anwendung besitzt, andererseits jedoch auch, dass schon viel für die Weiterentwicklung sensorischer Untersuchungen von Lebensmitteln getan wurde. Umso mehr stellt sich die Frage, weshalb der Übergang von den Grundlagen der Lebensmittelsensorik auf andere Produktgebiete anscheinend schleppend stattfindet, obwohl viel aus den verschiedensten Veröffentlichungen auf anderes übertragbar ist. Schon 1997 erläuterten Busch und Gassenmeier eine Methode zur Erstellung von Produktprofilen kosmetischer Mittel mit einer nur geringen Anzahl an Panelisten und einem relativ geringen Schulungsaufwandes des Panels, indem immer zwei Produkte durch direkten Vergleich charakterisiert werden. Über den Paarvergleich zu einer Referenz lassen sich so spezifische, auf die Referenz bezogene, Produktprofile erstellen und miteinander vergleichen. Bereits 2003 wurde von ASTM die heute so gültige Norm E1490-03 zur deskriptiven Analyse von Cremes und Lotionen angepasst. Sie dient als Leitfaden von der

Panelerstellung bis zur Bewertung verschiedener kosmetischer Produkte. Auch In einem Vortrag von Giboreau im Jahr 2006 wird die Wichtigkeit von der sensorischen Analyse der Kosmetika aufgezeigt, ein Überblick über den derzeitigen Übertragungsstand von Lebensmittel auf Kosmetikprodukte gegeben und die Deskriptorenentwicklung erläutert. Dennoch sind im Kosmetikbereich Veröffentlichungen zur Erkennung des Forschungsbedarfes eher geringfügig verbreitet. Trotz der vereinzelt Literatur, ist ein generelles Interesse der Kosmetikindustrie an sensorischen Analysen erkennbar. In einem Beitrag von Dr. V. Maienschein wird gezeigt, dass die Präferenz eines Produktes besonders von der unmittelbar spürbaren Wirkung beim Konsumenten abhängt. Demnach ist neben feststellbaren Effekten über einen längeren Zeitraum, die sofortige sensorische Produktwahrnehmung für Konsumenten sehr wichtig. So wurde in einer Studie zur Ermittlung der sofortigen Wirkung einer Creme, erzielt durch einen bestimmten Inhaltsstoff, mit Hilfe eines trainierten Sensorikpanels wurde eine signifikante Steigerung der wahrgenommenen Hautfeuchtigkeit und Hautgeschmeidigkeit nachgewiesen (SEPAWA, 2010). Von B. Primmel wurde das ideale sensorische Profil einer Anti-Aging-Gesichtspflege untersucht. Infolgedessen konnten, aus dem Abgleich mit Akzeptanztests durch Konsumenten und der Bewertung durch ein trainiertes Sensorikpanel, 6 verschiedene Attribute als wichtig erkannt werden. Inwieweit sich die Ergebnisse der Untersuchung am Handgelenk beim Sensorikpanel auf das Gesicht übertragen lassen, wurde nicht untersucht (SEPAWA, 2010). Horiuchi et al. (2009) entwickelten ein Messinstrument zur Simulation des Reibvorgangs zwischen den Fingerkuppen, um, im Abgleich mit der Bewertung durch ein Sensorikpanel, die sensorischen Eigenschaften einer Creme zu ermitteln. Durch die oben genannten Quellen wird ersichtlich, dass die Anwendung der Sensorik in der Kosmetik genauso vielfältig sein kann, wie die Lebensmittelsensorik. Eine Arbeit, welche mittels Sensorik die Entwicklung neuer Rezepturen unter Verwendung von Silikonen behandelt, ist von Van Reeth et al. (2003). Hier wurden sensorische Profile Marktprodukten zugeordnet und sowohl untereinander in Relation gesetzt, als auch mit den enthaltenen Produktbestandteilen verglichen. Daraus wurde ein grobes Orientierungsschema für die Beeinflussung von Produktmerkmalen unter Verwendung von Silikonen erreicht. Inwieweit sich die beeinflussten Produkteigenschaften hinsichtlich der individuellen Hautbedürfnisse ausrichten lassen, wurde nicht ermittelt. Besonders für den Verbraucher wäre jedoch interessant, mit welcher Pflegeintensität beim Erwerb eines Produktes zu rechnen ist. Hier muss sich der Verbraucher an der Verpackungsdokumentation orientieren. Wie jedoch diese Deklaration zu Stande kommt, bzw. die Einteilung in Eignung für den Hauttyp vorgenommen wird, ist aus der Literatur nicht zu erfahren. Somit scheint es bisher noch kein einheitliches Konzept für eine derartige Einteilung von Gesichtscremes zu geben. Hier soll diese Arbeit ansetzen.

2.2 Trainiertes Sensorikpanel

Für den Bereich der Lebensmittelsensorik ist die ISO 8586-1 zur Auswahl, Training und Überwachung von sensorischen Prüfern eine detaillierte Anweisung zum Aufbau eines Sensorikpanels. In dieser Norm werden die Prüfer für sensorische Bewertungen in fünf Gruppen von Bewertern gegliedert. Die „naive assessors“ hatten nach dieser Unterteilung noch keinen Kontakt mit einem präzise ausformulierten Attribut. Im Gegensatz dazu nahmen „Initiated assessors“ bereits an sensorischen Untersuchungen, z.B.: Konsumentenbewertungen, teil. „Selected assessors“ wurden ausgewählt und bereits trainiert, wohingegen die „expert assessors“ bereits zusätzlich schon eine gewisse Sinnesschärfe während der Arbeit im Panel zeigten und eine Art Langzeitgedächtnis entwickeln konnten. Die Gruppe der „specialized expert assessors“ zeichnet sich durch ein größeres sensorisches Wissen aus, welches über verschiedene Produktfelder hinweg reicht (ISO 8586-1, 1993). Nach Busch-Stockfisch (2008) sollte die Prüferanzahl von den durchzuführenden Untersuchungen abhängig gewählt und entsprechend 2-3 mal so viele Prüfer ausgebildet werden, damit stets eine konstante Gruppengröße zur Verfügung stehen kann. Die Prüferauswahl richtet sich vorzugsweise nach physiologischen Kriterien, wie Gesundheitszustand und Alter, und psychologischen Kriterien wie Zuverlässigkeit, Konzentrationsfähigkeit, sensorisches Gedächtnis und Zusammenarbeit. Es wird ein systematisches Vorgehen zur Erfassung der Eignung, Leistung und Verbesserung, bzw. gleichbleibender Performance, über eine längere Periode hinweg empfohlen (Busch-Stockfisch, 2008). Die DIN 10961 gibt detaillierte Anleitungen zur Schulung von Prüfern für sensorische Bewertungen im Hinblick auf verschiedene Methoden. Sie beinhaltet unter anderem Anleitungen zur Schulung für Erkennungsprüfungen, für Vergleichsprüfungen, Rangordnungsprüfungen und beschreibende Prüfungen, sowie Erläuterungen zum Monitoring und zu Möglichkeiten der Ergebnisauswertung.

Das in dieser Arbeit verwendete Sensorikpanel wurde in einem vorhergehenden Projekt in Anlehnung an die bereits erwähnten Quellen trainiert. Die Anpassungen zur Panelerstellung für die Nutzung im Bereich der Kosmetik sind der Belegarbeit (Tiedemann, 2011) zu entnehmen. Da die Panelisten geschult und durch teilweise mehrfache Wiederholung bestimmter Attribute in verschiedenen Testvarianten einen gewissen Stand an sensorischen Fähigkeiten entwickelt haben, wären diese in Bezug auf ihren Schulungsgrad hier zwischen „selected assessors“ und „expert assessors“ nach Einteilung der ISO 8586-1 einzuordnen. Die in der Schulung erlernten Attribute werden entsprechend an die Bedingungen dieser Arbeit geringfügig angepasst.

2.3 Consumertest

Nach den im Kapitel 2.2 erläuterten Kriterien nehmen nur „naive assessors“ oder „initiated assessors“ an einer Konsumentenstudie teil. Häufig fallen die Konsumentenstudien in den Bereich der hedonischen Prüfungen. Es werden also subjektive Prüfungen durchgeführt, in denen die Vorlieben der Prüfpersonen im Vordergrund stehen. Dadurch sind zwar nicht die bestimmten Merkmale eines Produktes messbar, sondern die Einstellung des Prüfers zu dem Produkt, welche sich aber wiederum nach den charakteristischen Eigenschaften eines Produktes richtet. Generell sind für diese Art der sensorischen Bewertung weitaus mehr Prüfer nötig, als bei analytischen Methoden. Die Empfehlungen liegen hier ab einer Anzahl von 30 Personen stark aufwärts, wodurch die statistische Absicherung der Untersuchung jedoch stetig steigt (Busch-Stockfisch, 2008). Laut Busch-Stockfisch sollten hedonische Prüfungen immer durch Profilprüfungen untermauert werden. Erst dadurch erhält man Aussagen, warum die Akzeptanz, bzw. Präferenz sich von Produkt zu Produkt unterscheiden. So kann teilweise ermittelt werden, durch welches Merkmal eine Akzeptanzsteigerung beim Verbraucher erzielt werden könnte und somit wird diese Information im Bereich der Produktentwicklung einsetzbar. Dafür muss die Profilprüfung alle relevanten Merkmale eines Produktes erfassen und in ihrer Quantität angeben. Hierzu gibt es verschiedenste deskriptive Verfahren, wie die Quantitative Deskriptive Analyse, Spectrum-Methode oder auch das Konsensprofil nach DIN 10967-2, welche jedoch die Arbeit mit gut trainierten Panelisten voraussetzen. Für untrainierte oder wenig trainierte Panelteilnehmer ist das Free Choice Profiling oder das Flash Profiling geeignet und wird aufgrund des niedrigen Schulaufwandes vielseitig eingesetzt (Busch-Stockfisch; Scharf, 2008). Da die genannten Methoden im Rahmen dieser Arbeit nicht relevant sind, wird an dem Punkt auf weiterführende Literatur verwiesen. Busch-Stockfisch (2008) gibt im Praxishandbuch der Sensorik einen guten Überblick über verschiedenste Methoden und ihre Charakteristika. Auch für analytische Methoden können Konsumenten genutzt werden, denn der große Bereich der Unterschiedsprüfungen lässt eine sensorische Bewertung durch untrainierte Panelisten zu. Zwar wird durch die Verwendung untrainierter Bewerter, um eine ausreichend statistische Absicherung zu erreichen, die notwendige Anzahl an Teilnehmern erhöht, es werden hierzu jedoch Hinweise für entsprechende Gruppengrößen in den DIN-Normen der einzelnen Methoden gegeben. So sind zur sensorischen Analyse die paarweise Vergleichsprüfung, das Ranking oder der Triangeltest auch für untrainierte Panelisten nutzbar. Im Rahmen dieser Arbeit wird bewusst eine Kombination aus hedonischer und analytischer Methodik gewählt, um die Zielstellung zu erreichen. Relevant sind hier die paarweise Vergleichsprüfung als analytische Methode, hingehend einzelner Produktmerkmale, aber auch als hedonische Methode, hinsichtlich der Präferenz.

2.4 Sebumeter SM 810

Zur Feststellung des Hautzustandes finden generell eine Untersuchung auf Hautfeuchtigkeit, Hautfettgehalt, Hautelastizität, pH-Wert und Hautstruktur statt. Hierbei wird eine Charakterisierung in die Gruppen 1. die Normalhaut, 2. der fett-feuchte Hautzustand, 3. der fett-trockene Hautzustand, 4. der fettarm-trockene Hautzustand und 5. der fettarm-feuchte Hautzustand vorgenommen. Für die Erfassung des Hautzustandes stehen mittlerweile mehrere Messverfahren zur Verfügung. So dient das Corneometer zur Ermittlung des Feuchtigkeitsgehaltes der Hornschicht, das Sebumeter zur Ermittlung des Hautfettgehaltes, das Skin-pH-Meter zur Erfassung des Haut-pH-Wertes und die Messung mit 20-MHz-Sonografie zur Untersuchung kutaner und subkutaner Strukturen der Haut (ADK, 2011). Da in dieser Arbeit das Augenmerk auf den sensorischen Untersuchungen liegt, wurde ausschließlich ein Messinstrument zur Begleitung ausgewählt. Das Sebumeter findet hier Anwendung, da es schnelle Aussagen über den Hautfettgehalt zulässt. Es soll einerseits zur Einschätzung des Hauttyps der Prüfer genutzt werden, andererseits aber vor allem die cremebedingte Änderung des Fettgehaltes auf der Haut erkennbar machen. Aufgrund der Nähe zur Praxis werden die Hautzustände in dieser Arbeit wie im Allgemeinen Sprachgebrauch unterteilt in „trockene Haut“, „normale“ Haut und „fettige Haut“. Diese Unterteilung findet man sehr häufig auf den entsprechenden Kosmetikprodukten aufgedruckt und soll deshalb hier auch beibehalten werden.

2.4.1 Funktionsprinzip des Sebumeters SM 810

Das Sebumeter basiert auf der photometrischen Messung des Fettgehaltes eines Hautabdruckes. Es quantifiziert die absolute Fettmenge auf der Hautoberfläche und differenziert nicht in die verschiedenen Anteile der Fettbestandteile. Die Messungen des Hautfettgehaltes, Sebum genannt, ermöglicht eine Charakterisierung des Hautzustandes in „trockene Haut“, „normale Haut“ und „fettige Haut“ und macht mögliche Effekte, durch Kosmetika hervorgerufen, sichtbar. Bei der photometrischen Messung eines Fettflecks wird ein spezielles mattiertes Kunststoffband in dem Messkopf des Sebumeters transparent, sobald es mit dem Sebum auf der Hautoberfläche in Berührung kommt. Dieser Messkopf wird zur Ermittlung des Sebumgehalts in die Messapparatur eingesetzt, wo dann die Transparenz des Bandes gemessen werden kann. Es wird definiertes Licht von einer entsprechenden Lampe durch das Band gestrahlt und von einem kleinen Spiegel, der sich in einem bestimmten Abstand hinter dem Band befindet, reflektiert. Eine Photozelle misst den Grad des reflektierten Lichtes und es kann mit Hilfe eines Mikroprozessors der Sebumgehalt auf dem gemessenen Testareal von genau 64 mm^2 errechnet werden. Die Angabe erfolgt dann in $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ und das Messband wird für jede Messung ein kleines Stück weitergeschoben, um eine neue Benetzung mit Hautfett zu ermöglichen. Das bereits verwendete Mess-

band wird im Innern der Messkassette aufgerollt und entsorgt, sobald kein frischer, freier Abschnitt auf dem Messband mehr übrig ist. Um die Benetzungszeit des Bandes mit dem Sebum auf der Hautoberfläche zu standardisieren, befindet sich am Messkopf eine Feder, um den Druck auf die Haut konstant zu halten und es wird die Messzeit von genau 30 Sekunden durch eine integrierte, signalgebende Uhr begrenzt. Das Spektrum der Messung liegt zwischen $0 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ und $350\mu\text{g}/\text{cm}^2$. Außerhalb dieses Bereiches können keine Aussagen über den absoluten Fettgehalt mehr getroffen werden.

2.4.2 Interpretation der Messung zur Einstufung des Hautzustandes

Generell wird empfohlen die Messungen unter möglichst konstanten und realitätsnahen Bedingungen durchzuführen, weil der Hautzustand stark von äußeren Veränderungen abhängt (Sebumeter SM810-Gebrauchsanweisung). Es werden Anhaltspunkte für die Interpretation der Ergebnisse bei Messung unter normalen Raumbedingungen (20°C und 40-60 % rel. Luftfeuchtigkeit) gegeben. Diese sind, für in diesem Zusammenhang relevante Testareale, in Tabelle 1 aufgelistet.

Tabelle 1: Einteilung der Haut nach Messung des Sebumgehaltes und Ort der Untersuchung

Einheiten von $0\text{-}350\mu\text{g}/\text{cm}^2$	Stirn, T-Zone, Kopfhaut	Arme, Hand, Beine, Ellenbogen
trocken, fettarm	< 100	0-6
normal	100 - 220	> 6
fettig	> 220	---

Es wird jedoch in der Gebrauchsanweisung ausdrücklich empfohlen, diese Werte nur als Anhaltspunkte zur Einstufung der Haut zu nutzen und sich eine eigene Interpretationstabelle durch zusätzliche visuelle Einschätzungen zu entwickeln. Der lineare Messbereich liegt zwischen $50\mu\text{g}/\text{cm}^2$ und $350\mu\text{g}/\text{cm}^2$. Bei Werten unterhalb, ist der Einfluss konstanter Messfehler zu groß und bei Werten oberhalb dieses Bereiches ist das Messband nahezu gesättigt und gibt dadurch keine sicheren, absoluten Werte über den Sebumgehalt der Messstelle wieder. Laut Gebrauchsanweisung seien Vergleichsmessungen unterhalb des linearen Messbereiches jedoch möglich.

3 Material und Methoden

Die hier verwendeten Materialien sind kommerziell erhältlich und die Methoden an Normen der DIN und ISO, zur Panelerstellung, angepasst worden. Alle Prüfer entstammen der Probandenkartei von proDERM - Institut für Angewandte Dermatologische Forschung GmbH. Das verwendete Sensorikpanel wurde in einem vorhergehenden Projekt bei proDERM gescreent, geschult und auf die Bewertung von kosmetischen Produkten trainiert. Es wurden zwei Gesichtscremes aus einer Vorauswahl mehrerer Produkte hinsichtlich der Hauttypeignung ausgewählt.

Tabelle 2: Auflistung der verwendeten Testprodukte

Creme A	Alterra Naturkosmetik, Pflege-Gesichtscreme für sehr trockene Haut mit Granatapfel: Hergestellt für Dirk Rossmann GmbH, Burgwedel (Chargen: 01/14-17170 und 08/13-12278)
Creme B	Rival de Loop, Pure Skin-mattierende Feuchtigkeitspflege, geklärtes Hautbild, porenverfeinernd mit Süßholzwurzelextrakt und Panthenol für fettige- und Mischhaut: Hergestellt für Dirk Rossmann GmbH, Burgwedel (Charge: 17116222)

Diese unterschieden sich stark in den Attributen Reichhaltigkeit und Einziehvermögen und wurden als Untersuchungsmaterial eingesetzt. Sie bildeten in diesem Rahmen unter anderen in etwa die Ankerpunkte des erhältlichen Marktspektrums. Unter der Vorauswahl waren auch Produkte, welche sich hinsichtlich der zu untersuchenden Attribute Einziehvermögen und Reichhaltigkeit noch geringfügig stärker unterschieden. Diese wurden jedoch als Testmaterial ausgeschlossen, da sie unerwünschte Begleiteigenschaften aufwiesen. So lag die Vermutung nahe, dass die Einschätzung des Einziehvermögens, unter Betrachtung der Widerstandsänderung, stark beeinflusst wird, wenn das Produkt eine deutlich hervortretende Neigung zur Klebrigkeit beim und nach dem Einreiben aufweist. Das reichhaltigste Produkt, welches in der Vorauswahl den Ankerpunkt bildete, wies eine andere Eigenschaft auf, welche die Bewertung erschwerte hätte. Der Hauptteil dieses Produktes zog zwar recht schnell in die Haut ein, der Rest verblieb jedoch sehr lange als öliger Film auf der Hautoberfläche. Aus diesen beiden Gründen wurden stattdessen die oben genannten Produkte, aufgelistet in Tabelle 2, als geeignetes Testmaterial ausgewählt, da diese keine unerwünschte Begleiterscheinungen aufwiesen. Hinzu kam die Nutzung eines handelsüblichen Metronoms, sowie einiger geeichter Finnpietten zum Auftragen des Probenmaterials. Der Hautfettgehalt, bzw. Produktrückstand, wurde mit dem Sebumeter SM 810 (Messkassette Nr.18/2009:09.26.4667- C&K) gemessen. Die Probandenrekrutierung, Randomisierungs- und Applikationsplanerstellung und die unmittelbare Datenerfassung erfolgte über eine interne Software. Zur Verarbeitung der erhobenen Daten wurde Excel (2003, 2007) genutzt.

3.1 Messmethoden

Es wurden zwei Gesichtscremes, die sich hinsichtlich Reichhaltigkeit und Einziehverhalten deutlich unterschieden, mittels paarweise Vergleichsprüfung mit „forced-choice“ Bedingung untersucht. Der Paarvergleich wurde ausgewählt, da durch den vergleichsweise leichten Versuchsaufbau und -ablauf mögliche Produktunterschiede schneller bzw. besser erkannt werden können. Dieses Testdesign galt sowohl für die Bewertung durch das Panel, als auch für den Consumertest. Ergänzend wurden die untersuchten Attribute für jede Gesichtscreme in ihrer Intensität mit Hilfe eines 5-Punkte-Scores eingeschätzt. Dies lässt später auf den Grad des Unterschiedes der Gesichtscremes schließen. Es wird aber auch eine unterschiedliche Skalennutzung sichtbar und es gibt Hinweise auf einen möglichen Schulungsbedarf des Panels. Von besonderem Interesse sind jedoch die verschiedenen Varianten der statistischen Auswertung, welche durch quantitative Erfassung der Attribute ermöglicht werden. Einerseits dienen die Sebumetermessungen, durch einzelne Messung an der Stirn, zur Einstufung des Hautzustandes der Probanden. Andererseits sollten besonders aber die sensorischen Bewertungen des Panels, durch begleitende Sebumetermessungen vor und nach Produktanwendung, mit einer cremebedingten Änderung des Hautfettgehalts korreliert werden.

3.2 Sensorische Bewertung durch trainierte Panelisten

In der sensorischen Bewertung durch das Panel wurde mit einer Anzahl von 23 trainierten Prüfern gearbeitet. Diese sind geeignet unter definierten Bedingungen bestimmte Bewertungssystematiken einzuhalten und ihre Einschätzung wertungsfrei abzugeben. Die zu untersuchenden Attribute und die wichtigsten Bewertungsschritte wurden vor der eigentlichen Produktuntersuchung kurz wiederholt, damit mögliche Fehler bei der Durchführung nicht zum Verlust von objektiven Daten führen. Die einseitige paarweise Vergleichsprüfung auf Unterschied mit forced-choice-Bedingung wurde in Anlehnung an DIN EN ISO 5495 umgesetzt. So erfolgte die Probenpräsentation stets in gleicher Menge, Temperatur und Darreichungsform. Es wurde in randomisierter Reihenfolge die Produktapplikation mittels Finnpipetten vorgenommen. Die Prüfungen wurden in Prüfräumen nach DIN 10962 durchgeführt. Zu Beginn wurde das Testareal an der Innenseite des linken Unterarmes mittels Sebumeter vermessen, darauffolgend die sensorische Bewertung des Attributes Einziehvermögen vorgenommen und anschließend erneut mit dem Sebumeter vermessen. Die Reichhaltigkeit wurde am Testareal des rechten Unterarmes bewertet. Generell wird für jede Produktbewertung eine entweder noch nicht genutzte oder ordentlich gereinigte Fingerkuppe verwendet, da sonst starke Unterschiede in der Bewertung auftreten können.

3.2.1 Ausgewählte Attribute - Sensorikpanel

Das Attribut Einziehvermögen soll darstellen, wie schnell eine Creme während bzw. nach dem Auftragen vollständig in die Haut einzieht. Es wird beurteilt, indem 25µl Produkt mit geeigneten Finnpipetten auf einem definierten Testareal an der Innenseite des Unterarms appliziert und dieses im Metronomtakt (108 Schläge pro Minute) in die Haut eingearbeitet wird. Das Testareal entsprach hier einer Kreisfläche mit dem Radius von ca. 2 cm. Das Produkt wurde mit dem Zeigefinger genau 60 Kreisbewegungen lang eingerieben, wobei, damit alle Prüfer etwa die gleiche Geschwindigkeit einhielten, ein Kreis zwei Metronomschlägen entsprach. Während des Einarbeitens wurde auf die Änderung des Widerstandes (Erhöhung) geachtet. Dies ist eine relativ markante, produktabhängige Größe und weist häufig daraufhin, dass eine Creme nahezu vollständig eingezogen ist. Meist gilt, je früher eine Widerstandsänderung auftritt, desto höher ist ihr Einziehvermögen. Schwierigkeiten entstehen, wenn Produkte schon zu Beginn einen hohen Widerstand beim Einreiben aufweisen. Hier tritt oft erst sehr spät eine Widerstandsänderung auf, welche leicht verkannt werden kann. Durch die Betrachtung der Filmbildung einer Creme nach dem definierten Zeitraum des Einarbeitens, kann ein Produkt mit schon anfangs sehr hohem Widerstand, möglicherweise als feine Widerstandsänderung angesehen, richtig zugeordnet werden. Zum „Nachfühlen“ sollten unbedingt die Fingerkuppen vom restlichen Produkt gereinigt werden, um so den Fühlsinn zu erhöhen. Produkte, welche einen leicht feuchten/ölgigen Film auf der Haut hinterlassen, sind noch nicht vollständig eingezogen und besitzen demnach ein schwaches Einziehvermögen (Tiedemann, 2011).

Das Attribut Reichhaltigkeit liefert eine Aussage über die Intensität der Pflege einer Creme auf der Haut. Es soll also beschreiben, ob sich die Haut nach der Anwendung durch die in der Creme enthaltenen Pflegestoffe „untersättigt“, „gesättigt“ oder gar „übersättigt“ anfühlt. Zur Bewertung dieses Attributes wurden 50µl-Portionen der Cremeproben auf die Testareale an der Innenseite des Unterarmes appliziert und von den Panelisten eingearbeitet, bis sie vollständig eingezogen waren. Das Testareal entsprach einer Kreisfläche mit dem Radius von 2cm auf der Innenseite des rechten Unterarmes. War das Produkt vollständig durch die Haut aufgenommen, so wurde noch genau eine Minute bis zur Bewertung gewartet. Dies gewährleistete, dass sich definitiv kein restliches, noch nicht eingezogenes Produkt mehr auf dem Testareal befand und dadurch die Bewertung beeinflusste. Bei dieser Einschätzung spielt das „Nachfühlen“ eine sehr wichtige Rolle, sodass nach dem Einreiben zusätzlich das Entfernen der Cremereste von den Fingerkuppen besonders gründlich erfolgen sollte. Die Bewertung besteht aus sanftem Nachfühlen mit den Fingerkuppen auf dem Testareal (Tiedemann, 2011).

3.3 Sensorische Bewertung im Consumertest

Im Consumertest wird eine sensorische Bewertung mit ungeschulten Teilnehmern durchgeführt. Daher können komplizierte Bewertungssystematiken ein hohes Fehlerpotenzial bewirken. Aus diesem Grund wurde in dieser Arbeit auf die „Einfachheit“ der verwendeten Bewertungsmethoden geachtet. Die paarweise Vergleichsprüfung wurde auch hier als sehr sinnvoll erachtet, da nicht nur die Durchführung zur Ermittlung von Produktunterschieden einfach gestaltet werden kann, sondern auch, weil nach DIN EN ISO 5495– Kapitel 1. – Anwendungsbereich, diese zur Feststellung einer Bevorzugung zwischen zwei Produkten bei Konsumenten nutzbar ist. Auch im Consumertest wurde das Versuchsdesign als einseitige Unterschiedsprüfung mit „forced-choice“ gestaltet, da die gleichen Produkte wie in der Panelbewertung benutzt wurden und entsprechend die stärkere Ausprägung der gefragten Attribute bekannt war.

3.3.1 Ausgewählte Attribute - Consumertest

Eingehend wurde ein Vermessen der Gesichtshaut auf der Stirn der Probanden mit dem Sebometer durchgeführt, um diese einem Hauttypus zuordnen zu können. Dies war erforderlich für die spätere Auswertung und Schlussfolgerung der Ergebnisse. Die paarweise Vergleichsprüfung wurde erneut in Anlehnung an DIN EN ISO 5495 durchgeführt. Es erfolgte stets eine identische Präsentation der Proben. In randomisierter Reihenfolge wurden die Produkte mittels Finnpietten auf die Fingerspitzen der jeweiligen Hand, für die selbständige Anwendung im Gesicht der Probanden, aufgebracht. Die Bewertungen wurden in Prüfräumen in Anlehnung an DIN 10962 durchgeführt und es nahmen 44 ungeschulte Prüfer teil. Aus diesem Grund wurde zu Beginn eine Einweisung in Untersuchungsablauf, -Systematik und eine kurze Erläuterung der Attribute vorgenommen. Es wurde daraufhin gewiesen, während des Auftragens bzw. Einarbeitens der Cremes das Einziehvermögen zu beobachten, um es unmittelbar nach Einarbeiten bewerten zu können. In diesem Consumertest erfolgte die Einschätzung des Einziehverhaltens und der Reichhaltigkeit beider Cremeproben unter Anwendung im Gesicht. Die Bewerter bekamen 150 µl Probe randomisiert auf die Fingerspitzen der jeweiligen Hand appliziert und mussten beide Proben zeitgleich mit langsamen, kreisenden Bewegungen auf der jeweiligen Gesichtshälfte für 1 Minute einarbeiten. Es wurden dabei alle Gesichtspartien (Augenpartie ausgenommen) gleichmäßig mit der Cremeprobe behandelt.

Um die Reichhaltigkeit feststellen zu können, wurden zwei weitere Minuten Einwirkzeit festgesetzt, in welcher die Bewertung des Einziehvermögens entsprechend notiert und mögliche Produktreste durch Händewaschen von den Fingerkuppen entfernt wurden. So sollte ein besseres Fühlvermögen zur Ermittlung der Reichhaltigkeit der Produkte erzielt werden. Nach abgelaufener Einwirkzeit strichen die Probanden mit den gereinigten Fingerkuppen vorsichtig über die behandelten Gesichtspartien, um einen Eindruck über das gepflegte Hautgefühl zu gewinnen. Dieser Eindruck wurde ergänzt, indem die Haut mittels starkem „Grimassenschneiden“ kurzzeitig übermäßig gespannt wurde und so eventuell verursachte Spannungsgefühle der Gesichtshaut die Einschätzung bestätigte, bzw. verstärkte. Zusätzlich erfolgte eine individuelle Befragung der Bewerter nach Bevorzugung einer Creme für die tägliche Anwendung, um herauszufinden, ob diese sich nach Hauttyp und Produktreichhaltigkeit, bzw. dem Einziehvermögen richtet. Diese wurde bewusst zur sensorischen Bewertung leicht zeitlich versetzt, damit die Probanden sich nur nach derzeitigem Hautgefühl und weniger nach vorangegangenem Auftrags- bzw. Einziehverhalten entschieden. Es wurde dabei ausdrücklich auf die Nutzung für die tägliche Anwendung unter Berücksichtigung des eigenen Hauttyps hingewiesen.

3.4 Möglichkeiten der statistischen Auswertung

In diesem Kapitel sollen die hier angewandten statistischen Auswertungsmöglichkeiten in einfacher Form anhand eines passenden Beispiels erläutert werden. Dies soll einerseits die Vorgehensweise der allgemeinen statistischen Auswertung in Bezug auf die hier angesetzten Untersuchungen darlegen, jedoch auch zeigen, dass ein gewisser Grad an Auswertung wissenschaftlich erhobener Daten auch mit einfachen Mittel, bzw. ohne besondere Statistik oder Sensoriksoftware stattfinden kann. Hier wurde ausschließlich das Kalkulationsprogramm Excel (2003 und 2007) verwendet und die Auswertung über den Abgleich mit Tabellen aus entsprechender Literatur vorgenommen.

3.4.1 Auswertung der paarweisen Vergleichsprüfung mittels Tabellen

Die tabellarische Auswertung bei einer paarweisen Vergleichsprüfung soll am Beispiel der Fragestellung „Welche der beiden Proben besitzt ein höheres Einziehvermögen?“ aus dem Paarvergleich der Gesichtscremes im Rahmen der sensorischen Bewertung durch das Panel gezeigt werden. Aufgrund der getroffenen Produktauswahl, war die „richtige“ Lösung bekannt. So gestaltet sich die Auswertung nach den Bedingungen der einseitigen Unterschiedsprüfung mit „forced-choice“, also dem Zwang, sich für eine der beiden Proben zu entscheiden. Als Nullhypothese, welche es zu verwerfen gilt, wird die gegenteilige Annahme des Nachweiszieles formuliert. Mit der Untersuchung soll bewiesen werden, dass Probe B ein höheres Einziehvermögen als Probe A

besitzt, woraus sich die Zielhypothese H_1 ergibt. Die zu widerlegende, aus H_1 abgeleitete Nullhypothese H_0 lautet entsprechend: „Probe A ist mindestens genauso schnell einziehend wie Probe B. Die Gültigkeit von H_0 wird mit einer festgelegten Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha=0,05$ untersucht. Mit $\alpha=0,05$ entscheiden sich die Panelisten demnach nur mit 5%iger Wahrscheinlichkeit irrtümlich für H_1 , obwohl H_0 gelten würde. Diese irrtümliche Entscheidung zum Niveau α entspricht dem sogenannten Fehler 1. Art. Der Fehler 2. Art bezieht sich auf das β -Risiko. Es ist gekennzeichnet durch das „Beibehalten“ von H_0 , obwohl H_0 falsch ist. In der Regel lässt sich nur der Fehler 1. Art durch das Signifikanzniveau α kontrollieren. Unter festgelegtem α gilt es, das β -Risiko zu minimieren, wodurch die „Trennschärfe“ oder „Power“ eines Testes erhöht wird. Diese Testpower lässt sich mit Hilfe von Gütefunktionen beschreiben und ermöglicht so eine bessere Vergleichbarkeit von verschiedenen Tests (Bamberg et al., 2008). Wird das β -Risiko auf $\beta=0,2$ festgelegt, so wird mit 80%iger Sicherheit erreicht, sofern ein Unterschied erkannt worden ist, dass H_1 stimmt. Diese 80%ige Sicherheit spiegelt die Power des Testes unter dem Signifikanzniveau $\alpha=0,05$ wider. Zur Erhöhung der Testpower müsste unter festgelegtem α ein kleineres β ausgewählt werden, wodurch jedoch die Anzahl an benötigten Prüfern steigt. Zur Erreichung der gewünschten Trennschärfe sollte für die Durchführung der Untersuchungen vorher die Mindestanzahl an benötigten Prüfern aus der Tabelle der benötigten Mindestprüferanzahl bei einem einseitigen Paarvergleich im Anhang (Anlage 1) unter zuvor festgelegtem α und β abgelesen werden. In Tabelle 3 ist ein Ausschnitt für eine Trennschärfe von $P_d=50\%$, also gerade die Hälfte der Personen, welche einen Unterschied erkennen können, dargestellt (Busch-Stockfisch, 2008). Nach den hier festgelegten Bedingungen müssten 23 Prüfer teilnehmen, um das erwünschte Signifikanzniveau zu erreichen.

Tabelle 3: Ausschnitt aus der Tabelle zur Ermittlung der Mindestprüferanzahl - einseitiger Paarvergleich

α		β				
		0,30	0,20	0,10	0,05	0,01
0,40	$P_d=50\%$ $P_{max}=75\%$	4	6	10	14	27
0,30		7	9	13	20	30
0,20		10	12	19	26	39
0,10		14	19	26	33	48
0,05		18	23	33	42	58
0,01		33	40	50	59	80
0,001		51	61	71	83	107

Mit der so ermittelten Mindestprüferanzahl von 23 Bewertern sollte der Test entsprechend der übrigen Versuchsbedingungen durchgeführt werden. Zur Auswertung der Untersuchungen wird die Anzahl der gegebenen Antworten für ein höheres Einziehvermögen bei Probe B in Bezug auf die Anzahl der teilgenommenen Prüfer ausgezählt. Nun kann aus Tabelle 4 abgelesen werden, wie viele „richtige“ Antworten bei $n=23$ teilgenommenen Prüfern für $\alpha=0,05$ mindestens notwendig sind. In diesem Fall würden mindestens 16 Antworten für ein höheres Einziehvermögen der Probe B benötigt werden, damit H_0 widerlegt und H_1 bestätigt werden kann.

Tabelle 4: Ausschnitt aus der Signifikanztabelle des einseitigen Paarvergleichs

n	α				
	0,30	0,20	0,10	0,05	0,01
20	12	13	14	15	16
21	13	13	14	15	17
22	13	14	15	16	17
23	14	15	16	16	18
24	14	15	16	17	19
25	15	16	17	18	19
26	15	16	17	18	20
27	16	17	18	19	20

Nach Auszählen der Antworten konnte ermittelt werden, dass 13 Prüfer Probe B als das schneller einziehende Produkt befanden. Es konnte also nicht die benötigte Mindestanzahl von 16 Entscheidungen für ein schnelleres Einziehen von Produkt B erreicht werden. Die vollständige Tabelle für die Mindestanzahl an benötigten Antworten ist der Anlage 2 zu entnehmen. In diesem Fall konnte H_0 nicht widerlegt werden, da die Mindestanzahl an Antworten für Produkt B nicht erreicht wurde und H_1 darf somit auch nicht angenommen werden. Es ist also nicht nachgewiesen worden, dass Probe B schneller einzieht als Probe A. Im Umkehrschluss darf aber auch nicht so darauf geschlossen werden, dass Probe A und B gleich schnell einziehen oder gar Probe A schneller als Probe B einzieht. Dies müsste als neuer Test unter geänderten Bedingungen, wie zum Beispiel einem Paarvergleich auf Ähnlichkeit, weitergehend untersucht werden (Meyners, Kunert: Univariate Verfahren. in Praxishandbuch der Sensorik, 2008)

3.4.2 Ausreißertest nach Grubbs

Mit dem Ausreißertest nach Grubbs kann festgestellt werden, ob sehr stark abweichende Messwerte innerhalb einer Messreihe von den Betrachtungen ausgeschlossen werden sollten, weil sie beispielsweise durch unerkannte Messfehler entstanden sein könnten und die Güte der Ergebnisse negativ beeinflussen würden. Diese Ausschlussbetrachtung wird hier beispielhaft an der Messung des Produktrückstandes von Probe B mit dem Sebumeter innerhalb der sensorischen Bewertung durch das Panel gezeigt. Innerhalb dieser Prüfreihe werden 2 Ausreißer vermutet. Tabelle 5 zeigt übersichtshalber einen Ausschnitt aus den erfassten Sebumetermessungen. Die Messwerte 7 und 12 werden als Ausreißer vermutet und dahingehend untersucht. Hierzu wird anhand der in Tabelle 5 aufgelisteten Gleichungen Δ_{max} und die Prüfgröße t errechnet und mit dem kritischen Wert aus der Grubbstabelle, in Anlage 3, unter Berücksichtigung der Anzahl an Messungen verglichen. Ist die errechnete Prüfgröße t größer, als der kritische Wert für die jeweilige Anzahl an Messungen, so ist der vermutete Ausreißer ein „wahrer“ Ausreißer und wird aus der Auswertung ausgeschlossen.

Tabelle 5: Auszug aus der Tabelle zur Berechnung der Ausreißer bei der Sebumetermessung

	Messwert	Sebumetermessung nach Anwendung Produkt B ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)
	$n+1$	X_{n+1}
2. Vermuteter Ausreißer	7	25,5
	$n+1$	X_{n+1}
1. Vermuteter Ausreißer	12	128
	$n+1$	X_{n+1}
	23	48,5
	Mittelwert	63,20
	Standardabweichung σ	22,84
	Ermittlung $\Delta_{max} = \text{Vermuteter Ausreißer} - \text{Mittelwert} $	$ 128 - 63,20 = 64,8$
	Prüfgröße $t = \frac{\Delta_{max}}{\sigma}$	$\frac{64,8}{22,84} = 2,84$
	kritischer Wert für $n=23, \alpha=0,05$ aus Tabelle nach Grubbs	2,624
Da $t=2,84 > \text{krit. Wert}_{n=23}=2,624 \Rightarrow$ Ausreißer		
	Neuer Mittelwert (ohne bestätigten Ausreißer)	60,25
	Standardabweichung σ (ohne bestätigten Ausreißer)	18,59
	Ermittlung Δ_{max} (2. vermuteter Ausreißer)	$ 25,5 - 60,25 = 34,75$
	Prüfgröße $t = \frac{\Delta_{max}}{\sigma}$	$\frac{34,75}{18,59} = 1,87$
	kritischer Wert für $n=22$ aus Tabelle nach Grubbs	2,603
Da $t_{2.\text{verm. Ausreißer}}=1,87 < \text{krit. Wert}_{n=22}=2,603 \Rightarrow$ kein Ausreißer		

Um nun den zweiten Ausreißer gleichermaßen zu untersuchen, wird der erste, als Ausreißer identifizierte Messwert aus der Ergebnisanalyse ausgeschlossen. Es wird also der Mittelwert neu berechnet und mit einer Anzahl an Messungen von $n=22$, sowie neu berechneter Standardabweichung die Analyse erneut wiederholt. Hieraus ergibt sich, wie in Tabelle 5 aufgeführt, dass der zweite vermutete Ausreißer kein „wahrer“ Ausreißer ist und somit in die Ergebnisbetrachtung mit einbezogen werden muss. In der Regel setzt sich eine derartige Analyse fort, bis kein weiterer Ausreißer mehr nachgewiesen werden kann.

3.4.3 Varianzanalyse ANOVA

Nach den Erläuterungen im Beiblatt zur DIN 10967-1 werden Varianzanalysen genutzt um herauszufinden, ob gefundene Unterschiede in der Häufigkeit ihres Auftretens zu unwahrscheinlich sind, um nur zufällig zu sein. Die Varianzanalyse ANOVA („Analysis of Variance“) untersucht, inwieweit sich ein ermittelter Unterschied auf Basis verschiedener Störeinflüsse erklären lässt oder ob tatsächlich ein signifikanter Unterschied zwischen bestimmten Merkmalen besteht. Hierbei bedeutet die einfaktorielle Varianzanalyse die Untersuchung der Wirkung einer unabhängigen Variablen auf eine abhängige Variable. Mittels dieser Analyse können mehrere Testreihen, in diesem Fall nur zwei Gesichtscremes, miteinander verglichen werden. Auch wenn sich durch den direkten Vergleich von zwei Proben demnach der T-Test, im Kapitel 3.4.4 beschrieben, anbieten würde, soll eine Analyse mittels ANOVA beispielhaft erläutert werden. Die ANOVA bietet im Gegensatz zum T-Test nicht nur eine einfachere Analyse beim Vergleich von 3 oder mehr Produkten, sondern kann auch auf die Untersuchung durch zwei, (zweifaktorielle ANOVA) bzw. mehrere Einflussfaktoren (unabhängige Variablen), bis hin zur Multivariaten Varianzanalyse (MANOVA) erweitert werden (Backhaus, 2011). Besonders im Bereich der Sensorik wird nicht nur untersucht, inwieweit sich Prüfmuster signifikant voneinander unterscheiden, sondern auch der Grad der Differenz zwischen den Meinungen der Prüfer über die Intensität eines Attributes ist von Interesse. Hierfür kann die zweifaktorielle Varianzanalyse genutzt werden. Im Beiblatt zur DIN 10967-1 wird dies anhand eines Beispiels verdeutlicht. Der erste Faktor (unabhängige Variable), bildet der tatsächliche Unterschied der Produkte in dem definiert untersuchten und metrisch bewerteten Attribut. Der zweite Faktor bildet in diesem Fall der Prüfer, bzw. die unterschiedliche Bewertung durch den Prüfer. Dadurch wird nicht nur ein signifikanter Unterschied zwischen verschiedenen Produkten sichtbar, sondern auch einen Hinweis auf die Übereinstimmung des Panels gegeben. Aus diesem Grund wird die zweifaktorielle ANOVA hier erläutert, obwohl die Untersuchung auf signifikante Unterschiede mittels Varianzanalyse den direkten Vergleich mehrere Mittelwerte ermöglicht. Wohingegen in dem T-Test jeweils nur die Mittelwerte zweier Stichproben auf signifikanten Unterschied untersucht werden

können. Beide basieren auf der Hypothese H_0 , dass kein signifikanter Unterschied zwischen den Mittelwerten aller untersuchten Proben besteht und beweisen so im Umkehrschluss, unter Verwerfung von H_0 auf einem definierten Signifikanzniveau, dass mindestens in einem Fall eine gleiche Varianz der Mittelwerte zu unwahrscheinlich ist und somit mindestens ein signifikanter Unterschied zwischen den untersuchten Proben bestehen muss. Dies wird durch die Prüfgröße F ausgedrückt, welche das Verhältnis der Varianz „zwischen“ den Gruppen zu „innerhalb“ der Gruppen darstellt. Ist die berechnete Varianz „zwischen“ den Produkten deutlich größer, als die Varianz „innerhalb“ der Bewertung einer Probe durch die Prüfer, so wird der F -Wert stark positiv. Durch den Vergleich des errechneten F -Wertes mit dem kritischen F -Wert der F -Verteilung, unter Berücksichtigung der Anzahl an Freiheitsgraden und des festgelegten Signifikanzniveaus α , wird eine mögliche Signifikanz sichtbar. Liegt der errechnete F -Wert deutlich über dem kritischen F -Wert, so kann H_0 =„es besteht kein signifikanter Unterschied zwischen den Produkten“ verworfen und H_1 = „es besteht mindestens ein signifikanter Unterschied“ angenommen werden. Durch die hier verwendete Formulierung ist jedoch ersichtlich, dass ohne weitere Analysen nicht erkennbar ist, zwischen welchen der Produkte dieser signifikante Unterschied besteht. Hierfür werden sogenannte „post-hoc“ Untersuchungen nötig (Backhaus et al., 2011). Es läge an dieser Stelle nahe, den T-Test zur Lokalisierung signifikanter Unterschiede zu nutzen. Laut Rasch et al., 2006 (Band 2, Seite 45) würde dies jedoch, durch den Verlust an Teststärke und der α -Fehlerkumulierung, wissenschaftlichen Ansprüchen nicht gerecht. Deshalb werden in der Literatur andere Methoden zur Lokalisierung der Signifikanz vorgeschlagen. Mittels Turkey HSD-Test wird die minimale Mittelwertsdifferenz zum Nachweis eines signifikanten Unterschiedes berechnet und als „kritischer Wert“ zum Vergleich mit den Differenzen der Produktmittelwerte herangezogen (Rasch et al., 2006). Meilgaard et al. (2007) schlagen Fischer's LSD (least significant difference) - Test als weiterführende Analysemethode vor. Da in dem hiesigen Fall jedoch eine tiefergehende Untersuchung aufgrund von nur zwei zu vergleichenden Produkten nicht notwendig ist, sei hier auf die genannte Literatur verwiesen.

In der Regel wird eine Varianzanalyse mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha= 0,05$, $\alpha= 0,01$ oder $\alpha= 0,001$ durchgeführt und die entsprechend zugehörigen Werte der F -Verteilung sind in der Literatur tabelliert und heranzuziehen. Eine Varianzanalyse ist manuell jedoch recht aufwendig und wird deshalb unter Durchführung mit Excel 2007 hier beispielhaft erläutert. Anwendung fand hier, wie bereits oben beschrieben, die zweifaktorielle Varianzanalyse, um die Beeinflussung zweier unabhängiger Variablen (Prüfer und Prüfmuster) auf die abhängige Variable (Attribut) näher untersuchen zu können. Die Intensität der Reichhaltigkeit von Produkt A und B wurde von dem trainierten Sensorikpanel auf einem Score von -2 bis +2 bewertet und in Excel übertra-

gen. Über die Rubrik „Daten“ -> „Datenanalyse“ (muss gegebenenfalls als add-in aktiviert werden) kann unter anderem die Funktion zweifaktorielle Varianzanalyse ohne Messwiederholung ausgewählt werden. Es wird die Angabe der entsprechenden Daten und ein Wert für α im Fenster erfragt. Die Analyse wird nach Eingabe automatisch durchgeführt und die Ergebnisse in einem neuem Tabellenblatt aufgelistet. Neben einer Zusammenfassung der analysierten Bezugsdaten, wird die Varianz tabellarisch wie in Tabelle 6 dargestellt.

Tabelle 6: Ergebnis der zweifaktoriellen Varianzanalyse ohne Messwiederholung der Produkte A und B mit dem Attribut Reichhaltigkeit

ANOVA Reichhaltigkeit zwischen A und B						
Streuungs- ursache	Quadratsummen (SS)	Freiheitsgrade (df)	Mittlere Quad- ratsumme (MS)	Prüfgröße (F)	p- Wert	kritischer F-Wert
Prüfer	12,96	22	0,59	0,55	0,91	2,05
Prüfmuster A und B	0,02	1	0,02	0,02	0,89	4,30
Zufallsfehler	23,48	22	1,07			
Gesamt	36,46	45				

Das Ergebnis der Varianzanalyse in Tabelle 6 zeigt, dass kein signifikanter Unterschied zwischen der Reichhaltigkeit der Prüfmuster A und B besteht aber auch, dass die Prüfer nicht signifikant unterschiedlich bewerten. Das lässt sich an zwei Begebenheiten absehen. Es wird betrachtet, ob die errechnete Prüfgröße F größer als der kritische F-Wert ist und sich demnach die Produkte signifikant unterscheiden würden. Da hier jedoch der F-Wert kleiner als der kritische-F-Wert ist, lässt sich kein signifikanter Unterschied nachweisen. Dies ist ergänzend auch am p-Wert zu erkennen. Der p-Wert müsste unter einem festgelegten $\alpha = 0,05$ kleiner als 0,05 sein, damit ein signifikanter Unterschied bestünde. Der p-Wert gibt an, wie hoch die Wahrscheinlichkeit ist, ein Prüfwert kleiner oder gleich dem kritischen F-Wert zu erhalten. Liegt diese Wahrscheinlichkeit unter dem Signifikanzniveau $\alpha = 0,05$, so wird die Nullhypothese = „es besteht kein signifikanter Unterschied zwischen den Prüfmustern“ zu unwahrscheinlich, um wahr zu sein und somit verworfen (Fahrmeir et al., 2010). In der Regel wird die Varianzanalyse verwendet um schnell erkennen zu können, ob innerhalb einer Messreihe zum Vergleich mehrerer Produkte ein signifikanter Unterschied besteht. Da in diesem Fall nur zwei Produkte miteinander verglichen wurden, würde sich eine Bestätigung eines detektierten signifikanten Unterschiedes durchaus mittels T-Test anbieten.

3.4.4 Untersuchung auf signifikanten Unterschied mittels T-Test

Dieser Test basiert wie die Varianzanalyse auf der Annahme, dass primär kein signifikanter Unterschied in den Mittelwerten zweier Stichproben besteht und berechnet demnach die Wahrscheinlichkeit der gleichen Mittelwerte. Sinkt die Wahrscheinlichkeit der gleichen Mittelwerte unter das festgelegte Signifikanzniveau α , so ist ein signifikanter Unterschied der Mittelwerte nachgewiesen (Rasch et Al., Band 1, 2006). Hier wird die Durchführung eines T-Test mit Excel 2007 am Beispiel der Sebumtermessungen nach Anwendung von Gesichtscreme A und B gezeigt. Die Daten wurden im Rahmen der Panelbewertung für das Attribut Einziehvermögen von 23 Panelisten erhoben und in das Kalkulationsprogramm Excel übertragen. Nach dem Entfernen der mittels Ausreißertest nach Grubbs identifizierten Messwerte wird der T-Test durchgeführt. Unter der Rubrik „Daten“ -> „Datenanalyse“ lässt sich die Funktion „Zweistichproben T-Test: unterschiedlicher Varianzen“ wählen. Es werden die beiden Stichprobenreihen, das Signifikanzniveau α und die hypothetische Differenz der Mittelwerte erfragt. Diese Differenz wird 0 gewählt, da der Test hier unter der Annahme gleicher Mittelwerte durchgeführt, bzw. diese Hypothese wiederlegt und ein signifikanter Unterschied bestätigt werden soll. Nach Eingabe der Daten wird der T-Test automatisch durchgeführt und das Ergebnis tabellarisch aufgelistet. Das Ergebnis des Vergleichs der Produkte A und B mittels Sebumtermessung ist in Tabelle 7 dargestellt. Hier werden die Ergebnisse sowohl für eine einseitige, als auch zweiseitige Versuchsanordnung dargestellt. In diesem Fall interessiert jedoch vorrangig das Ergebnis der einseitigen Variante, da aufgrund der Produktkenntnis bei Produkt A ein durchschnittlich höherer Wert der Sebumtermessungen im Vergleich zu Produkt B erwartet wurde. Der T-Test kann auch manuell durchgeführt werden. Hierzu wird die Teststatistik, je nach Stichprobenart und Testdesign berechnet und mit dem kritischen Wert aus der Tabelle der t-Verteilung für die jeweilige Stichprobengröße im Anhang, Anlage 4, verglichen. Ist die berechnete Teststatistik kleiner, als der kritische Wert, so besteht kein signifikanter Unterschied zwischen den Stichprobenmittelwerten. Ist die Teststatistik größer, als der kritische Wert, so besteht ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden verglichenen Stichproben.

Tabelle 7: Ergebnis des T-Testes zur Untersuchung des signifikanten Unterschiedes der Sebumtermessung nach Anwendung von Produkt A und B

Zweistichproben t-Test unter der Annahme unterschiedlicher Varianzen ; $\alpha=0,05$

	Sebumtermessung nach Anwendung von Produkt A	Sebumtermessung nach Anwendung von Produkt B
Mittelwert	77,62	60,25
Varianz	728,52	362,09
Beobachtungen	21	22
Hypothetische Differenz der Mittelwerte	0	
Freiheitsgrade (df)	36	
t-Statistik	2,43	
P(T<=t) einseitig	0,0101	
Kritischer t-Wert bei einseitigem t-Test	1,6883	
P(T<=t) zweiseitig	0,0203	
Kritischer t-Wert bei zweiseitigem t-Test	2,0281	

In Tabelle 7 ist ersichtlich, dass ein signifikanter Unterschied zwischen den Produkten nachgewiesen werden konnte. Betrachtet man den errechneten Wert der t-Statistik, so muss für einen bestehenden signifikanten Unterschied dieser Wert größer sein, als der kritische t-Wert bei einseitigem t-Test. Auch über die Betrachtung des einseitigen p-Wertes wird der signifikante Unterschied der Proben ersichtlich. Hier wird die Wahrscheinlichkeit, dass der errechnete t-Wert unter dem kritischen t-Wert liegt, als 0,01 angegeben. Da vorher ein Signifikanzniveau von $\alpha=0,05$ festgelegt wurde und hier somit die Wahrscheinlichkeit eines gleichen Mittelwertes unter dem Niveau von α liegt, ist ein signifikanter Unterschied nachgewiesen. Unter Berücksichtigung der einseitigen Fragestellung und der Annahme einer höheren Reichhaltigkeit von Produkt A, ist die Verursachung eines stärkeren, fettigen Rückstandes auf der Haut nach Anwendung nachgewiesen. Die in diesem Kapitel vorgestellten Auswertungsmethoden kamen zur Überprüfung der Ergebnisse zum Einsatz und wurden in zusammenfassende grafische Darstellungen überführt.

3.4.5 Regressionsanalyse

Zur Beschreibung von Zusammenhängen, welche aufgrund grafischer Darstellung der Messergebnisse vermutet werden, wird die Regressionsanalyse angewendet. Es wird über die Darstellung der Ergebnisse in einem Koordinatensystem versucht eine zugehörige Regressionsfunktion zu ermitteln. Diese Funktion, im Programm Excel 2007 als „Trendlinie“ bezeichnet, wird so durch die Punkte der Messreihe gelegt, dass die Summe aller Abweichungsquadrate minimal ist. Diese Trendlinie sollte entsprechend der Art der Punktestreuung gewählt werden (Backhaus et al., 2011). Die Regressionsanalyse soll hier am Beispiel des Zusammenhanges der Attribute Reichhaltigkeit und Einziehvermögen bei der sensorischen Bewertung der Gesichtsscreme A auf einem 5-Punkte-Score von - 2 bis +2 innerhalb der Untersuchungen mit dem trainierten Sensorikpanel gezeigt werden. Anhand der sensorischen Daten wird ein Punktediagramm erstellt. Unter Betrachtung der Streuung der Datenpunkte in Abbildung 1 lässt sich ein linearer Zusammenhang vermuten. Eine Regressionsgerade kann durch Excel (2007) unter der Kategorie „Layout“ -> „Analyse“-> „Trendlinie“, unter Auswahl des vermuteten Trendlinientyps (hier lineare Trendlinie), gezeichnet werden. Diese Trendlinie basiert auf der Funktion mit der minimalen Summe der Abweichung der Datenpunkte zur Regressionsgeraden.

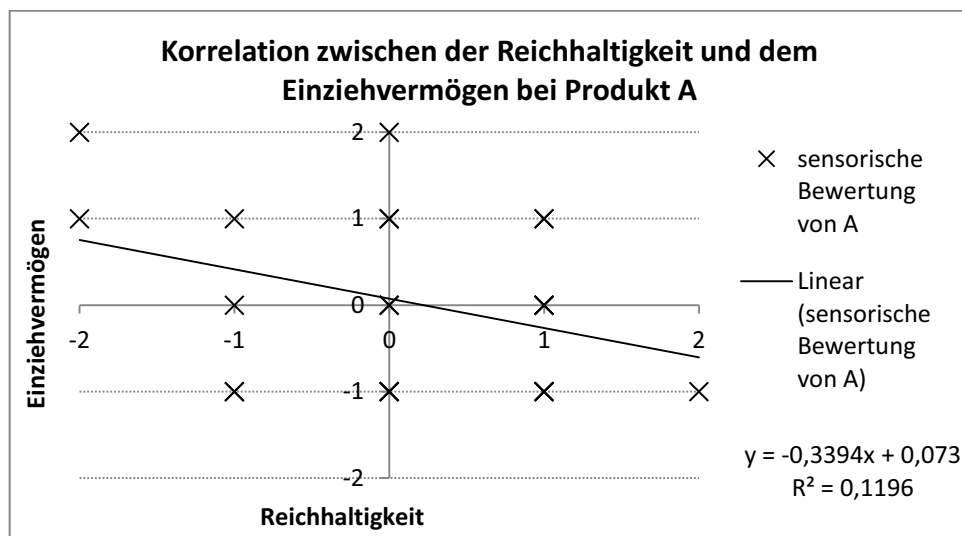


Abbildung 1: Zusammenhang zwischen den Attributen Reichhaltigkeit und Einziehvermögen von Produkt A in der Bewertung durch das trainierten Sensorikpanel

Durch Auswahl der Trendlinienoptionen, mittels „Anklicken“ -> „Trendlinie formatieren“ der gezeichneten Linie, kann unter aktivieren der entsprechenden Felder die errechnete Formel der gezeichneten Gerade und das Bestimmtheitsmaß dieser Funktion angezeigt werden. Das Bestimmtheitsmaß R^2 gibt an, wie gut die Regressionsfunktion zu den erfassten Werten passt. Es ist ein Maß für die Güte der Beschreibung des Zusammenhanges zwischen der unabhängigen und der abhängigen Variablen durch das gewählte Model. Es basiert auf den Abweichungen (Residu-

en) zwischen den, durch die Funktion geschätzten, Werten der abhängigen Variablen und den empirisch gemessenen Werten. Je kleiner die Summe der Residuen ist, desto höher ist das Bestimmtheitsmaß R^2 und desto höher ist die Güte der ermittelten Regressionsfunktion. Der Wert von R^2 kann zwischen 0 und 1 liegen (Backhaus et al., 2011). Das Bestimmtheitsmaß R^2 entspricht dem quadrierten Korrelationskoeffizient r nach Bravais und Pearson. Dieser kann entsprechend Werte zwischen -1 und 1 annehmen. Nähert r sich -1 an, so wird von einem negativ gerichteten Zusammenhang ausgegangen, wohingegen eine Annäherung an +1 einen positiv gerichteten Zusammenhang bedeutet. Geht r jedoch gegen 0, so besteht nur ein sehr schwacher bis kein Zusammenhang zwischen den beiden untersuchten Variablen. Ab welchem Wert des Korrelationskoeffizienten von einem bedeutsamen Zusammenhang gesprochen werden kann, hängt vom Gegenstand der Untersuchungen ab. Innerhalb Labortechnischer Untersuchungen werden gemeinhin höhere r erwartet, als im Bereich der Feldstudien (Rasch et al.,: Band1, 2006). Deshalb kann auch eine Korrelation mittels Signifikanztest statistisch untersucht werden. Dies kann als einseitige oder zweiseitige Variante durchgeführt werden, wobei unter Betrachtung von Abbildung 1 ein negativ gerichteter Zusammenhang vermutet wird und somit hier die einseitige Variante Anwendung findet. Als Nullhypothese gilt H_0 = die Korrelation zwischen den beiden Variablen sei 0, wohingegen hier H_1 = Es besteht ein negativer Korrelationskoeffizient mit $r < 0$ entspricht. Aus dem in Abbildung 1 aufgelisteten R^2 wird r durch $\sqrt{R^2}$ errechnet. Dies ergibt hier einen $r = \sqrt{0,1196} \approx 0,3458$. Der Wert wird nun mit dem kritischen Wert r_{kritisch} in Tabelle 8 für ein Signifikanzniveau $\alpha=0,05$ und die Freiheitsgrade $n-2$ der einseitigen Testvariante verglichen.

Tabelle 8: kritische Werte r_{kritisch} zur Beurteilung einer Korrelation

	Signifikanzniveau α für einseitigen Test			
	0,05	0,025	0,01	0,005
df(n-2)				
20	0,360	0,423	0,492	0,537
21	0,352	0,413	0,482	0,526
22	0,344	0,404	0,472	0,515
23	0,337	0,396	0,462	0,505

Die vollständige Tabelle der kritischen Werte einer Korrelation ist im Anhang der Anlage 5 zu entnehmen. Die dargestellten Daten entstammen der Bewertung durch das Sensorikpanel mit einer Teilnehmeranzahl von $n=23$. Aus diesem Grund wird unter dem Signifikanzniveau $\alpha=0,05$ der $r_{\text{kritisch}} = 0,352$ für die Freiheitsgrade $(23-2) = 21$ des einseitigen Tests ausgewählt. Da jedoch $r=0,3458 < r_{\text{kritisch}}=0,352$, kann die Nullhypothese nicht verworfen werden. Wäre der Korrelationskoeffizient r der Testreihe größer, als der r_{kritisch} so kann H_0 verworfen und ein signifikanter Zusammenhang bestätigt werden (Lawless et al., 2010).

4 Ergebnisse

Im folgenden Kapitel sollen die Ergebnisse der Untersuchungen durch grafische Darstellung erläutert werden. Hierzu finden sowohl das Arithmetische Mittel und das zugehörige 95%-Konfidenzintervall, sowie die Darstellung des Medians und der entsprechenden Quartile als angemessene grafische Ergebnisdarstellung Anwendung. Durch die Angabe der Daten mittels Lagemaß und Streuungsparameter, lässt sich die Art der Verteilung der ermittelten Werte genauer beschreiben und bietet dadurch eine Aussage über die Güte der durchgeführten Untersuchungen. Zur Beschreibung des Zentrums einer Verteilung werden Lagemaße, wie zum Beispiel das arithmetische Mittel oder der Median, verwendet. Das Arithmetische Mittel wird bekanntermaßen durch Aufsummieren aller ermittelten Werte und anschließender Division durch die Anzahl an Beobachtungen errechnet. Da allein die Angabe des Mittelwertes jedoch nichts über den Grad der Streuung um ebendiesen aussagt, wird ergänzend das Konfidenzintervall angegeben. In der Regel wird das 95%-Konfidenzintervall genutzt, um auszudrücken, wie sich die Genauigkeit der Schätzung verhält. Mit 95%iger Wahrscheinlichkeit führt das genutzte Verfahren zu einem Konfidenzintervall, in dem der wahre Wert enthalten ist (Fahrmeir et al. 2010). Je geringer die Spanne dieses Intervalles ist, desto geringer ist die Streuung um den Mittelwert, wodurch wiederum ein aussagekräftigeres Ergebnis erzielt wird. Laut Fahrmeir et al. (2010) reagiert das arithmetische Mittel relativ „empfindlich“ auf Ausreißer innerhalb eines Datensatzes. Der Median dahingegen begrenzt deren Einfluss und gilt somit als „robuster“. Ein Median ist ebenfalls ein Lagemaß zur Beschreibung einer Verteilung. Genauer ist es das 50%-Quantil, welches den Wert markiert, bei dem 50% aller Werte gleich oder größer sind und 50% der Werte gleich oder kleiner sind. Auch hier reicht diese Angabe jedoch nicht aus, da noch keine Aussage über den Grad der Streuung getroffen worden ist. Für diese Angabe werden weitere Quantile hinzugezogen. In dem hiesigen Fall dient die Angabe des unteren Quartils, gleichbedeutend mit dem 25%-Quantil, und des oberen Quartils, auch 75%-Quantil genannt, zur Verdeutlichung der Streuung. Das obere Quartil, (75%-Quantil) gibt den Wert an, bei dem 75% aller Werte gleich oder kleiner sind und nur 25% der Werte gleich oder größer sind. Entsprechend gegensätzlich ist das untere Quartil (25%-Quantil) zu interpretieren. Sinngemäß befinden sich 50% aller ermittelten Werte innerhalb des durch die Quartile gebildeten Rahmens. Es gilt jedoch auch hier, je kleiner die Spanne zwischen den Quartilen, desto geringer ist die Streuung innerhalb des Datensatzes (Fahrmeir et al. 2010). In der folgenden Darstellung der Ergebnisse werden der Median und die Quartile, bzw. das arithmetische Mittel, hier Mittelwert genannt, und das entsprechende 95%-Konfidenzintervall zum Zwecke der Beschreibung genutzt.

4.1 Ergebnisse der Panelistenbewertung

Die sensorischen Bewertungen des Panels wurden nach den in Kapitel 3.4 beschriebenen Auswertungsmethoden untersucht und untereinander verglichen. Unter Betrachtung der in Abb. 2 dargestellten Mediane und Quartile für die Attribute Reichhaltigkeit und Einziehvermögen der Produkte A und B lässt sich deutlich erkennen, was durch Varianzanalyse und T-Test bestätigt wurde. Das Panel konnte die Intensität der Attribute Reichhaltigkeit und Einziehvermögen von den Produkten A und B nicht signifikant unterscheiden. Die Mediane liegen alle bei dem Wert 0, was in diesem Zusammenhang als mittelschnell einziehend und im mittleren Bereich der Reichhaltigkeit interpretiert werden kann. Über die Darstellung der Quartile ist zu erkennen, wie weit sich das Spektrum der eingeschätzten Intensitäten der Attribute erstreckt.

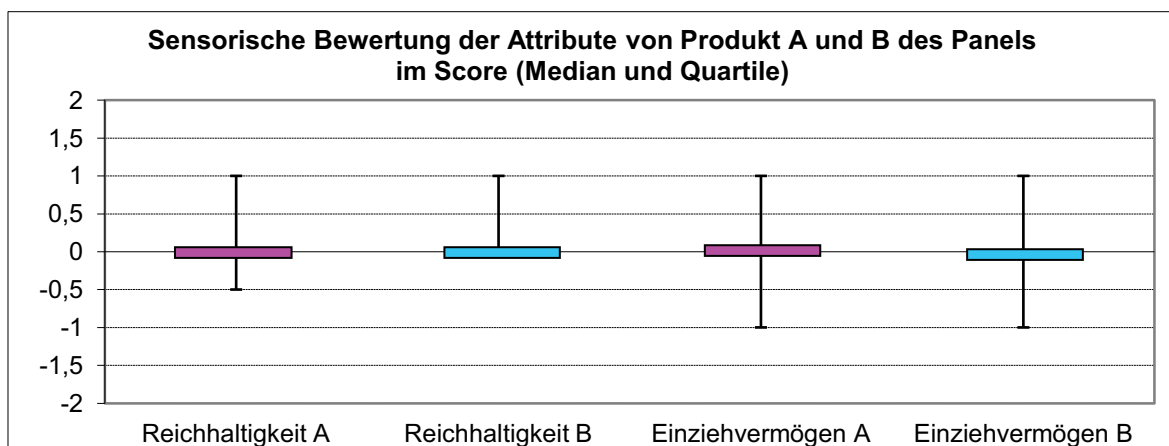


Abbildung 2: Darstellung der sensorischen Bewertung des Panels mittels Score

Hier wird ersichtlich, wie ähnlich die Produkte laut Sensorikpanel in ihren Attributen sind. Obwohl die Testprodukte als ausreichend unterschiedlich aus der Vorauswahl an Marktprodukten ausgewählt wurden, sind diese nicht mit dem trainierten Sensorikpanel unter Bewertung mit geeigneter Systematik signifikant zu unterscheiden. Um die Ergebnisse des Sensorikpanels mit instrumenteller Messung zu vergleichen, wurden begleitend vorher-nachher-Messungen mit dem Sebumeter auf dem Testareal zur Bewertung des Einziehvermögens durchgeführt. Nach Aussortierung der Ausreißer mittels Ausreißertest nach Grubbs, wurde auf signifikanten Unterschied der Proben mit Hilfe des T-Testes untersucht. Es konnte sowohl ein signifikanter Unterschied durch die Anwendung der Produkte mittels vorher-nachher-Messung bewiesen werden, als auch ein signifikanter Unterschied zum Signifikanzniveau $\alpha=0,05$ zwischen den Cremes A und B. Nun würde ein jeder zuerst vermuten, dass das Panel nicht ausreichend trainiert, bzw. sensitiv genug ist, um Produkte derart zu differenzieren. Auch nahe liegt die Vermutung, dass entweder die Attribute für die Panelisten nicht klar genug definiert oder die Bewertungssystematik unzureichend ist. Unter Zuhilfenahme der sensorischen Bewertungen innerhalb der Grundschulung

zur Erstellung des Sensorikpanels kann dieser Sachverhalt genauer betrachtet werden. In Abb. 3 und Tabelle 9 wird die Übersicht über die Performance des Panels zur Bewertung des Attributes Einziehvermögen innerhalb eines Rankings mit drei ausgewählten Schulungsprodukten gegeben. Hieraus ist zu erkennen, dass das Panel generell unter Verwendung der erlernten Systematiken durchaus in der Lage ist, signifikante Unterschiede im Einziehvermögen verschiedener Produkte zu erkennen.

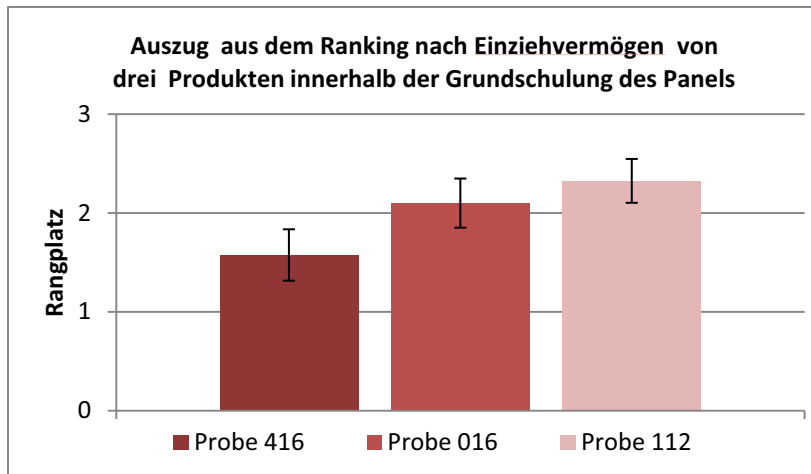


Tabelle 9: Übersicht über die Signifikanzen beim Ranking nach Einziehvermögen in der Grundschulung des Panels

Proben	Signifikanter Unterschied
416 mit 016	signifikant bei $\alpha=0,05$
416 mit 112	hoch signifikant bei $\alpha=0,01$
016 mit 112	nicht signifikant

Abbildung 3: Ergebnisse des Rankings vom Attribut Einziehvermögen aus der Grundschulung zur Erstellung des Sensorikpanels

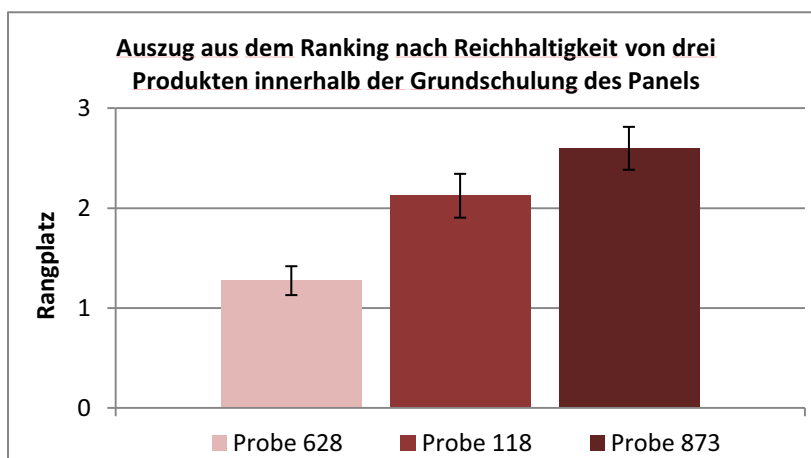


Tabelle 10: Übersicht über die Signifikanzen beim Ranking nach Reichhaltigkeit in der Grundschulung des Panels

Proben	Signifikanter Unterschied
628 mit 118	hoch signifikant bei $\alpha=0,01$
628 mit 873	hoch signifikant bei $\alpha=0,01$
118 mit 873	signifikant bei $\alpha=0,05$

Abbildung 4: Ergebnisse des Rankings vom Attribut Reichhaltigkeit aus der Grundschulung zur Erstellung des Sensorikpanels

Aus Abb. 4 und Tabelle 10 wird ersichtlich, dass ebenfalls für das Attribut Reichhaltigkeit diese Bedingungen generell gegeben sind. So müsste das Sensorikpanel eigentlich signifikante Unterschiede bei den beiden gewählten Produkten erkennen, da laut Verpackung Produkt A für sehr trockene Haut und Produkt B für fettige- und Mischhaut geeignet ist. So stellt sich die Frage, ob denn überhaupt ein signifikanter Unterschied zwischen den Produkten feststellbar ist. Mittels Sebumetermessung vor und nach Anwendung wurde dies begleitend zur sensorischen Bewertung auf dem Testfeld zur Bewertung des Einziehvermögens untersucht.

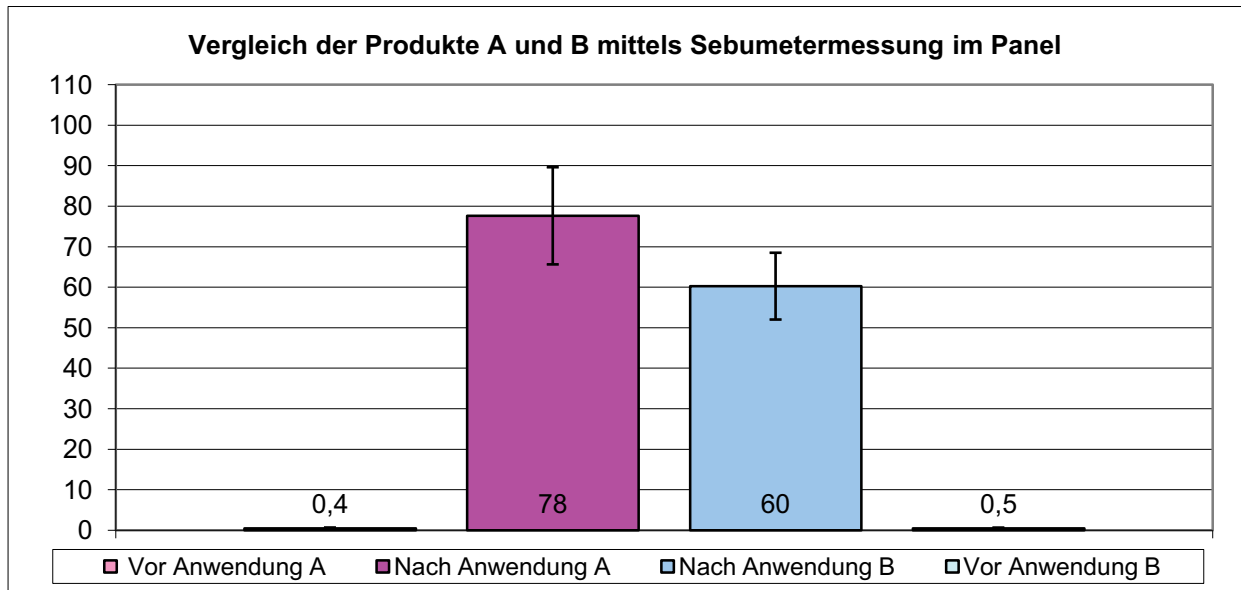


Abbildung 5: Darstellung der durchschnittlichen Sebumetermessergebnisse der Produkte A und B vor und nach Anwendung im Panel

In Abb. 5 ist zu erkennen, dass einerseits ein deutlich messbarer Effekt durch Anwendung der Produkte auf der Haut nachweisbar ist und andererseits sich die Produkte A und B in der Intensität ihrer Wirkung voneinander unterscheiden. Jedoch ist durch die grafische Darstellung und Betrachtung der 95%-Konfidenzintervalle ersichtlich, dass nur recht knapp ein signifikanter Unterschied zwischen den Produkten ermittelt wurde. Somit kann gesagt werden, dass sich die gewählten Testprodukte für eine Differenzierung im Panel zu ähnlich sind, obwohl sie schon unter anderen die äußeren Ankerpunkte des Marktsegmentes bilden. Um einen Anhaltspunkt zu erhalten, ab welchem Bereich das Panel signifikante Unterschiede erkennen kann, wurden die in der Grundschulung verwendeten und im Ranking auf Einziehvermögen und Reichhaltigkeit als signifikant unterschiedlich erkannten Produkte unter Verwendung der Bewertungssystematik auf die Haut aufgetragen und gleichermaßen wie die Produkte A und B sebumetrisch vermessen.

Tabelle 11: Auflistung der Mittelwertdifferenzen der verschiedenen Produkte nach Messung mittels Sebumeter

Vergleich der Produkte	Differenz der Mittelwert in $\mu\text{g}/\text{cm}^2$
A und B in dieser Studie	$\text{abs}(78-60) = 18$
Produkt C mit D aus der Grundschulung	$\text{abs}(61,5-95,5) = 34$
Produkt C mit E aus der Grundschulung	$\text{abs}(61,5-164,25) = 102,75$
Produkt D mit E aus der Grundschulung	$\text{abs}(95,5-164,25) = 68,75$

In Anlage 6 sind diese verwendeten Produkte unter Zuordnung der hier in den Abbildungen 3 und 4, sowie in den Tabellen 9,10 und 11 genutzten Bezeichnungen aufgelistet.

Werden die verschiedenen Mittelwertdifferenzen aus Tabelle 11 miteinander verglichen, so ist ersichtlich, dass die Differenz von Produkt C und D aus der Grundschulung fast doppelt so groß ist, wie die Produkte A und B dieser Untersuchungen. Ergänzt man diesen Vergleich mit den Ergebnissen aus der Grundschulung zur Bewertung der Reichhaltigkeit, so wurde zwischen C und D ein hoch signifikanter Unterschied festgestellt.

4.2 Ergebnisse des Consumertests

Auch in der sensorischen Bewertung im Consumertest konnten unter Betrachtung aller Teilnehmer als gesamte Bewertergruppe, keine signifikanten Unterschiede in der Vergleichseinschätzung der Attribute von Produkt A und B festgestellt werden. Dabei ist zu diesem Zeitpunkt die Unterteilung in die Gruppe mit „fettiger“ und mit „trockener“ Gesichtshaut noch unerheblich, da als gerichteter, einseitiger Paarvergleich die absolute Intensität der Attribute nicht relevant ist, sondern nur das Verhältnis zueinander, bzw. bei welchem Produkt das gefragte Attribut stärker ausgeprägt ist. Unter Berücksichtigung der einseitigen Fragestellung konnte nicht nachgewiesen werden, dass Produkt A reichhaltiger war und Produkt B schneller in die Haut einzog, obwohl die Untersuchung mit einer Gruppengröße von 44 Bewertern stattfand. Für den wichtigsten Bereich der Untersuchungen im Rahmen des Consumertests wurden die Teilnehmer vor Produktanwendung zur Einstufung in den Hauttyp mittels Sebumeter einfach auf der Stirn vermessen. Daraus ergab sich eine Zuordnung von 22 Personen mit eher trockener Gesichtshaut und 22 Personen mit eher fettiger, bzw. Mischhaut. Die Abgrenzung wurde bei einem gemessenen Sebumeterwert von $100 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ vorgenommen, wobei ca. $25 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ Differenz im Hautfettgehalt zwischen dem Höchstwert bei den Teilnehmern mit trockener Gesichtshaut und dem niedrigsten Sebumetermesswert bei den Teilnehmern mit eher fettiger Gesichtshaut ermittelt wurde. So lässt sich in Abbildung 6 erkennen, dass sich beide Gruppen in ihrem durchschnittlichen Hautfettgehalt auf der Stirn stark voneinander unterschieden und es zeigt somit, dass eine derartige Einteilung und die Einstufung mittels Sebumetermessung auf der Stirn zweckmäßig sind.

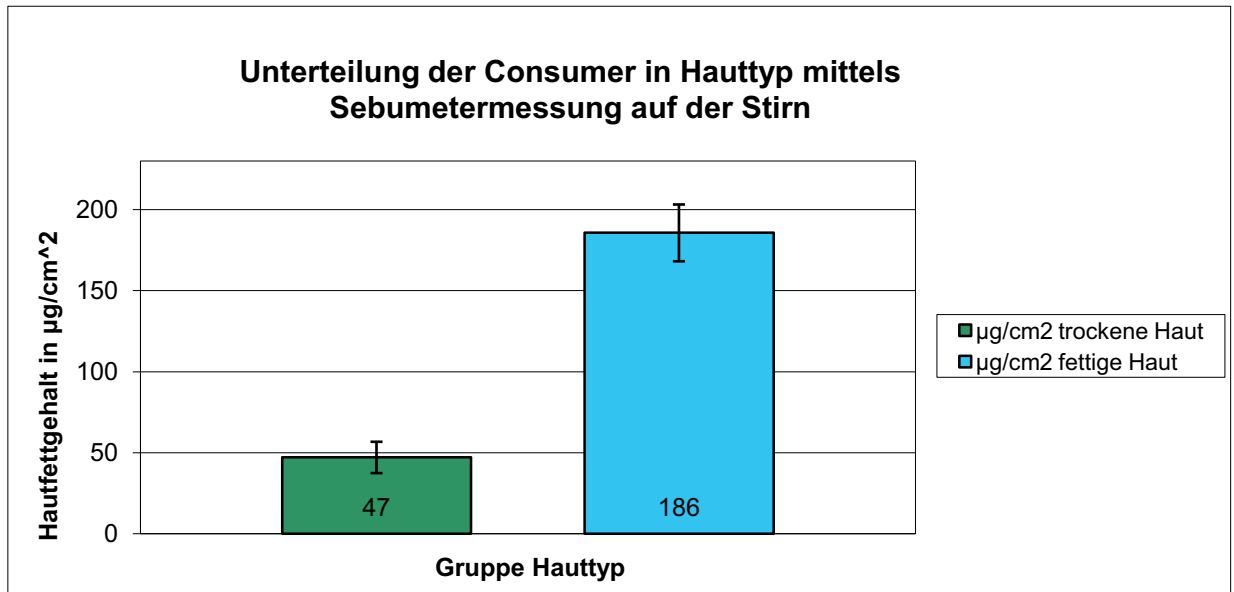


Abbildung 6: Ergebnis der Zuordnung des Hauttyps mittels Sebumetermessung

Die Gruppe von 22 Consumern mit der Zuordnung zur trockenen Haut wiesen einen durchschnittlichen Hautfettgehalt von $47\mu\text{g}/\text{cm}^2$ mit einem 95%-Konfidenzintervall von $\pm 9,66\mu\text{g}/\text{cm}^2$ auf. Die 22 Teilnehmer, welche dem eher fettigen Hauttyp zugeordnet wurden, erreichten einen durchschnittlichen Hautfettgehalt von $186\mu\text{g}/\text{cm}^2$ mit einem 95%-Konfidenzintervall von $\pm 17,52\mu\text{g}/\text{cm}^2$. Nach dieser Unterteilung wurden die Bewertungen der Attribute Reichhaltigkeit und Einziehvermögen der Produkte A und B im Score in der jeweiligen Gruppe erneut betrachtet. Auch hier wurde auf Erkennung eines signifikanten Unterschiedes der Attributintensitäten von Produkt A und B innerhalb einer Bewertergruppe untersucht. Unter Betrachtung der in den Abbildungen 7 und 8 dargelegten Mediane und dazugehörigen Quartile für die durchschnittliche Intensität der Attribute von Produkt A und B ist deutlich zu erkennen, dass scheinbare, feine Unterschiede von den Produkten in ihren Attributen zerstreut werden, da sich unter Berücksichtigung der jeweiligen Quartile ein starke Überlappung zeigt. Es gibt einen Hinweis auf die Weite des Bewertungsspektrums und verdeutlicht das Ergebnis. Es konnten auch innerhalb der jeweiligen Gruppen keine signifikanten Unterschiede in der Wahrnehmung der produktabhängigen Attributintensitäten nachgewiesen werden. Das Hauptaugenmerk lag jedoch auf der Erfragung der Produktpräferenz in Abhängigkeit von dem zuvor, mittels Sebumetermessung auf der Stirn, zugeordneten Hauttypus. Auch innerhalb dieses Consumertests lässt sich die Präferenz/Bevorzugung eines Produktes, wie im Kapitel 3.4 beschrieben, auswerten. Ebenfalls in den Abbildungen 7 und 8 sind die Mediane für die Präferenz zu Produkt A und B für die jeweilige Hauttypgruppe eingetragen.

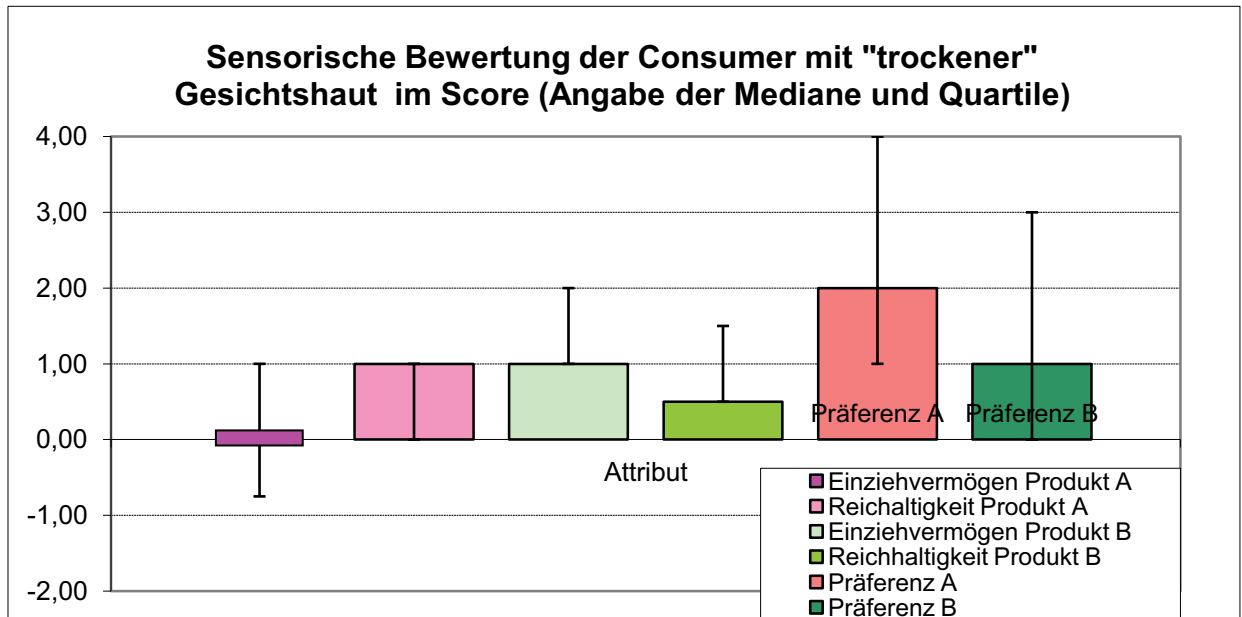


Abbildung 7: Sensorische Bewertung der Attribute Einziehvermögen und Reichhaltigkeit der Consumer mit "trockener" Gesichtshaut

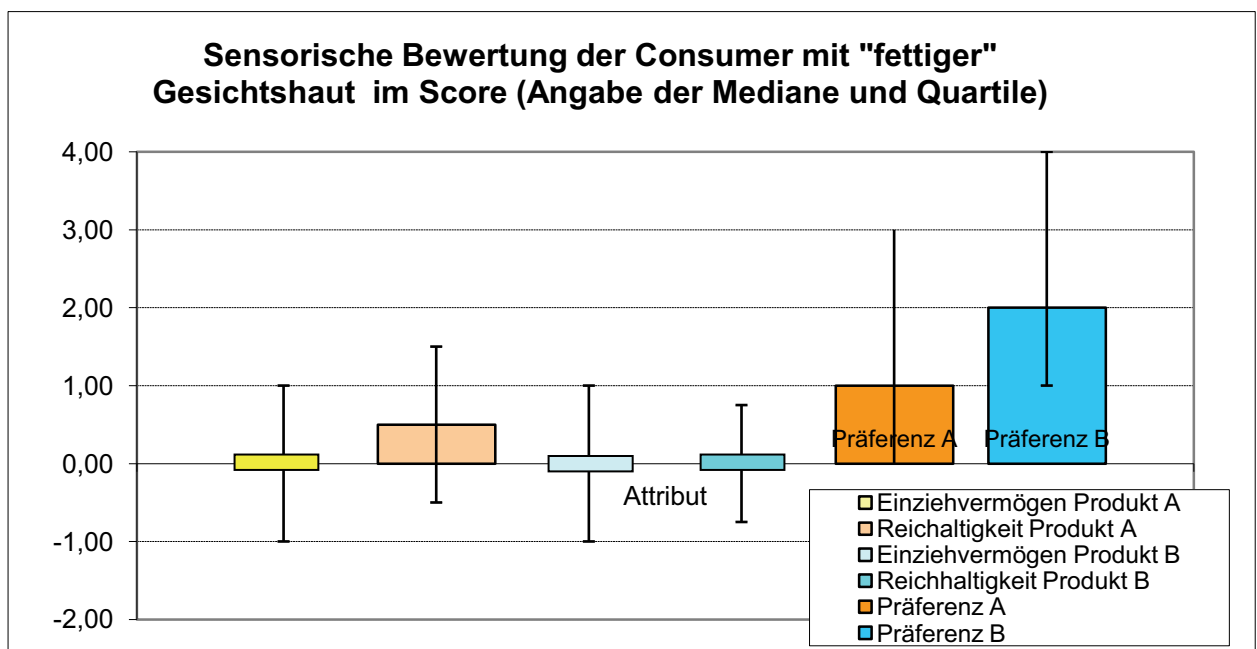


Abbildung 8: Sensorische Bewertung der Attribute Einziehvermögen und Reichhaltigkeit der Consumer mit "fettiger" Gesichtshaut

In diesem Zusammenhang bedeutet jedoch ein Median vom Wert 1 die Bevorzugung gegenüber dem Produkt mit dem Median vom Wert 2, da die Bewertung nach 1. Rang bei Bevorzugung und dem 2. Rang bei geringerer Akzeptanz durch den Consumer durchgeführt wurde. Zuvor wurde angenommen, dass die Consumer mit eher trockener Gesichtshaut das reichhaltigere Produkt A und die Consumergruppe mit eher fettiger Gesichtshaut das weniger reichhaltige Produkt B bevorzugen würden. Unter diesen Hypothesen wurden die Paarvergleiche entsprechend einseitig,

jedoch gegensätzlich formuliert, durchgeführt und ausgewertet. Nach den Medianen hinsichtlich Produktpräferenz in den Abbildungen 7 und 8 ließe sich eine genau gegensätzliche Präferenz zur ursprünglichen Annahme interpretieren. Werden jedoch auch hier die jeweiligen Quartile mit in die Auswertung einbezogen, so kann dieser Zusammenhang als zufällig betrachtet werden und daraus resultierend interpretiert werden, dass auch in der Produktpräferenz unter Berücksichtigung des Hauttyps kein signifikanter Unterschied besteht. Diese beiden Sachverhalte, kein signifikanter Unterschied in der Intensität der Attribute und keine ersichtliche Produktpräferenz, werden noch deutlicher erkennbar in den Abbildungen 9 und 10.

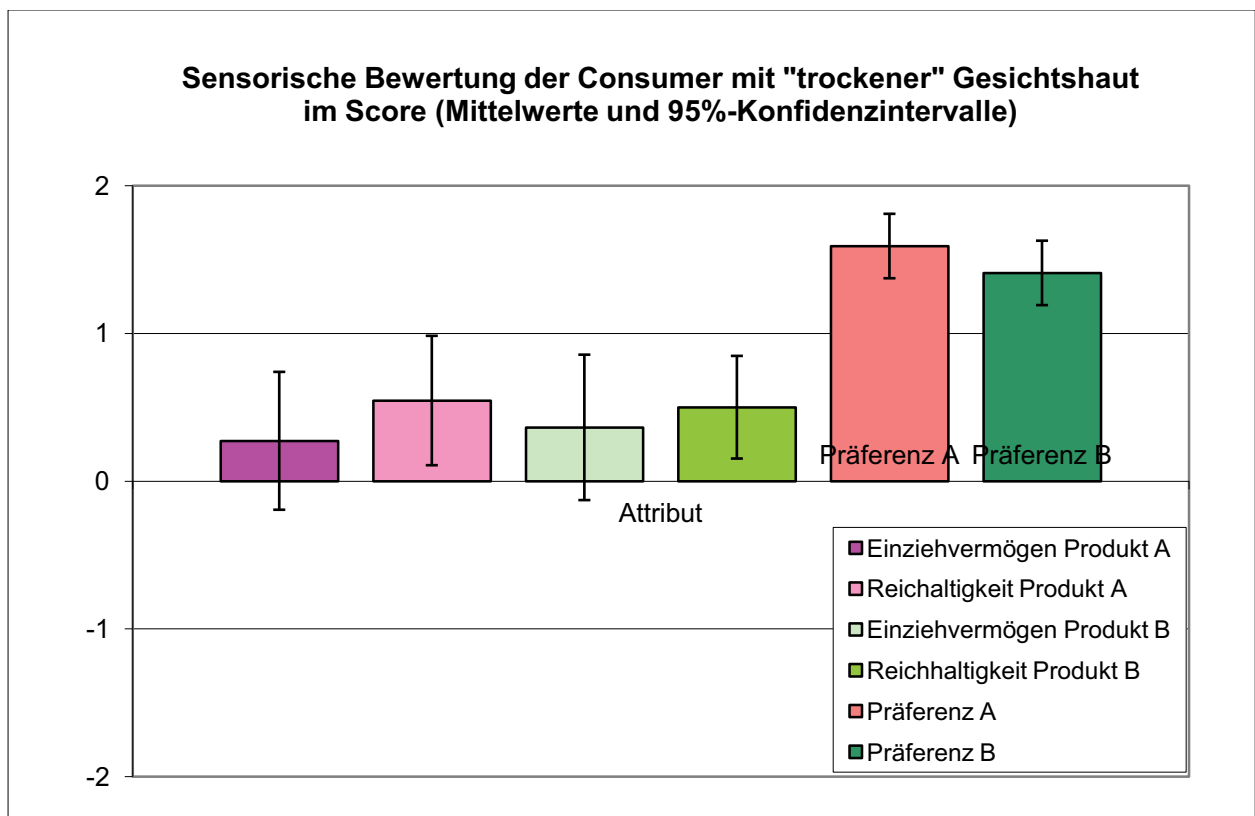


Abbildung 9: Durchschnittliche sensorische Bewertung der Consumer mit "trockener" Gesichtshaut

Durch die in den Abbildungen 9 und 10 eingetragenen Durchschnittswerte und die Angabe der 95%-Konfidenzintervalle wird noch deutlicher, was durch die Angabe der Mediane in den Abbildungen 7 und 8 leicht verzerrt wurde. Werden die durchschnittlichen Intensitäten der Attribute innerhalb der Gruppe des jeweiligen Hauttyps betrachtet, ist kein deutlicher Unterschied zwischen dem Einzuehvermögen und der Reuehaltigkeit der Produkte A und B zu erkennen.

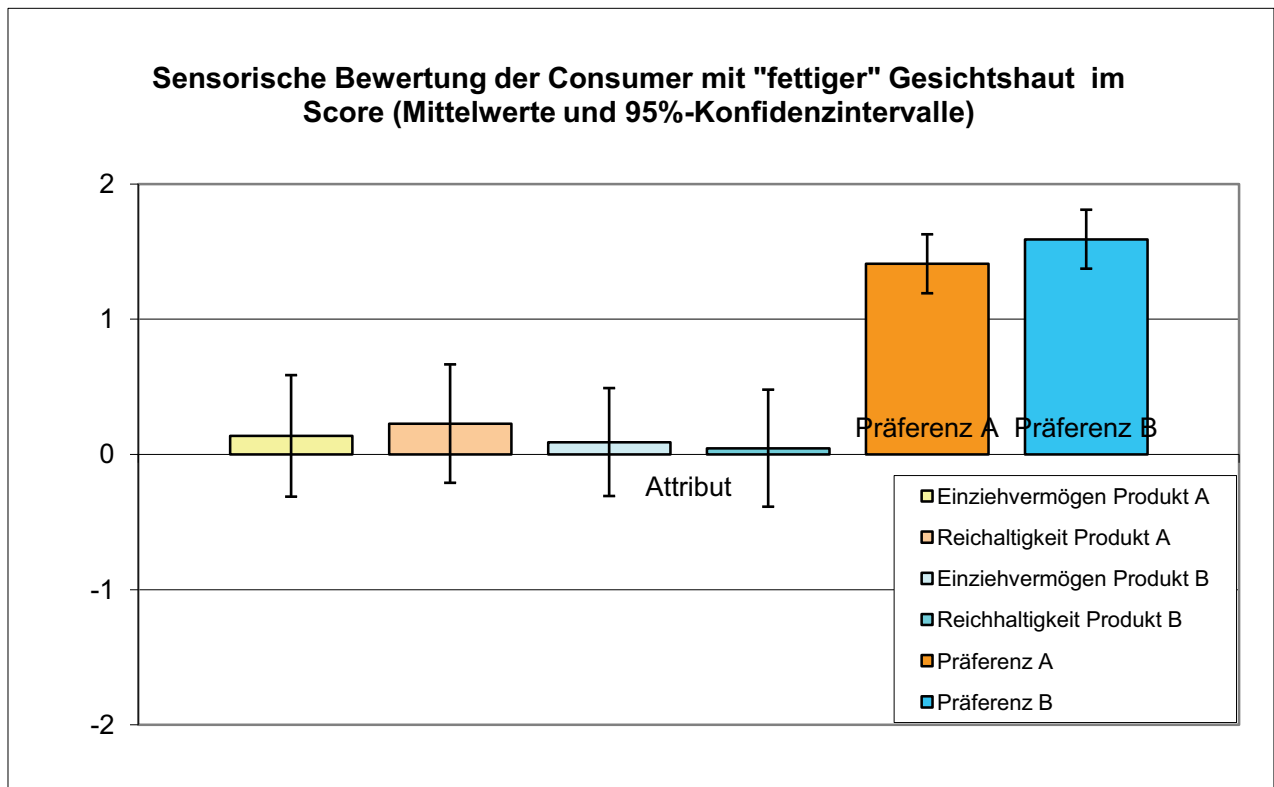


Abbildung 10: Durchschnittliche sensorische Bewertung der Consumer mit "fettiger" Gesichtshaut

Werden die Durchschnittswerte der Attributintensitäten der Produkte A und B zwischen den beiden Hauttypgruppen miteinander verglichen, so scheint eine Tendenz zu bestehen, dass die Consumer mit „trockener“ Gesichtshaut die Produkte A und B etwas reichhaltiger und schneller einziehend bewerteten, als die Consumergruppe mit „fettiger“ Gesichtshaut. Wird jedoch berücksichtigt, dass im Score Intensitätswerte von -2 bis +2 angegeben werden können und sich die durchschnittliche Bewertung aller Consumer im Bereich von 0 bis ca. 0,5 abspielen, so wird auch hier wieder deutlich wie gering der Unterschied in der Bewertung wirklich ist. Wird die Präferenz der jeweiligen Gruppen unter Berücksichtigung des Hauttyps näher betrachtet, so wird auch hier durch die Angabe der Mittelwerte noch deutlicher, wie gering der Unterschied wirklich ist. Zwar bedeutet auch hier wieder die Nähe zum Wert 1 bezeichnet das Produkt mit höherer Bevorzugung (abgeleitet vom 1. Rangplatz) und das Produkt näher im Bereich um den Wert 2 (abgeleitet vom 2. Rangplatz) wird weniger präferiert, es ist jedoch umso deutlicher, dass keine eindeutige Präferenz unter Berücksichtigung des Hauttyps nach Verwendung der beiden Testprodukte besteht. Die Consumer befanden zusammenfassend also weder, dass Produkt A signifikant reichhaltiger als Produkt B war, noch war ein signifikant schnelleres Einziehen von Produkt B nachweisbar, was wiederum die Einschätzung des Panels bestätigt. Durch die sehr geringen Unterschiede konnte auch keine eindeutige Präferenz nach Hauttypen der Consumer ermittelt werden. Dieser Zusammenhang wird im Kapitel 5 näher diskutiert.

4.3 Zusammenhang zwischen Reichhaltigkeit und Einziehvermögen

Werden die Definitionen der Reichhaltigkeit und des Einziehvermögens unter Berücksichtigung der eigenen Produkterfahrungen betrachtet, so könnte die Vermutung eines Zusammenhanges zwischen der Reichhaltigkeit und dem Einziehvermögen eines Produktes entstehen. Aufgrund dessen wurde anhand der sensorischen Daten eine Regressionsanalyse, wie im Kapitel 3.4.5 beschrieben, durchgeführt. In Tabelle 12 sind die Ergebnisse der Korrelationen zwischen beiden Attributen sowohl im Sensorikpanel, als auch im Consumertest für beide Testprodukte aufgelistet.

Tabelle 12: Auflistung der Korrelationsanalyse zwischen Reichhaltigkeit und Einziehvermögen

	Empirischer r	r_{kritisch} für $\alpha=0,05$ eines einseitigen Tests	Auswertung
Panelbewertung Produkt A	-0,3458	Für $df=23-2$ $r_{\text{kritisch}}=0,352$	Keine Signifikanz
Panelbewertung Produkt B	0,2137	Für $df=23-2$ $r_{\text{kritisch}}=0,352$	Keine Signifikanz
Consumerbewertung Produkt A	0,1062	Für $df=44-2$ $r_{\text{kritisch}}=0,257^*$	Keine Signifikanz
Consumerbewertung Produkt B	-0,1886	Für $df=44-2$ $r_{\text{kritisch}}=0,257^*$	Keine Signifikanz

Für alle untersuchten Korrelationen konnte die Nullhypothese unter dem Signifikanzniveau $\alpha=0,05$ nicht verworfen werden. Demnach ist kein linearer Zusammenhang zwischen den Attributen Einziehvermögen und Reichhaltigkeit nachgewiesen. Werden jedoch die Nähe des jeweiligen empirischen r mit dem entsprechenden r_{kritisch} verglichen, so ist ein Trend zu erkennen, dass innerhalb der Bewertung im Sensorikpanel der Abstand geringer ist, als in der Consumerbewertung. Möglicherweise würde sich hier durch Versuchswiederholung mit einem größeren Sensorikpanel ein linearer Zusammenhang nachweisen, bzw. durch den Vergleich mehrerer Produkte ein vermuteter Zusammenhang ausschließen lassen.

* r_{kritisch} für $df=40$ gewählt, da keine direkte Angabe für $df=42$

5 Diskussion und Schlussfolgerung

In diesem Kapitel werden die unter Punkt 4 dargestellten Ergebnisse kritisch betrachtet, zusammengeführt und entsprechende Schlussfolgerungen gezogen. Dem unter Kapitel 4.4 untersuchten Zusammenhang zwischen Reichhaltigkeit und Einziehvermögen sei hinzugefügt, dass einer starken Korrelation beider Attribute der für die sensorische Bewertung festgelegten Definition teilweise widersprechen würde. Die Definition der Reichhaltigkeit entspricht nämlich der Intensität des gepflegten Hautgefühls nach dem vollständigen Einziehen des Produktes. Es mag durchaus sein, dass ein schnell einziehendes Produkt, hergestellt mit sehr hohem technologischem Aufwand, ein weitaus intensiver gepflegtes Hautgefühl hinterlässt, als eine langsam einziehende Creme, wenn diese durch den Herstellungsprozess durchschnittlich größere Fettmoleküle enthält und dadurch schon primär als reichhaltig empfunden wird. Zur Bestätigung dieser Vermutung müssten jedoch weitere Untersuchungen unter Berücksichtigung des Herstellungsprozesses stattfinden. Hier könnte sich eine instrumentelle Ergänzung zur Erfassung des Einziehvermögens mittels Sebumeter als geeignet erweisen, da Cremes immer aus einer Wasser- und einer Fettphase bestehen und somit auch die Änderung des Fettanteiles auf der Haut erfasst werden kann. Gegebenenfalls wird eine vollständige Erfassung des Einziehvorgangs möglich, wenn der Verdunstungsvorgang der Wasserphase auf der Haut beispielsweise durch Corneometermessungen zu verschiedenen Zeitpunkten stattfindet. Daraus könnte der Vergleich des messbaren Spektrums mit der sensorischen Erfassung innerhalb des trainierten Panels und eines Consumertest gezogen werden.

5.1 Zusammenhang der Ergebnisse im trainierten Sensorikpanel

Nach den in Kapitel 4 aufgeführten Ergebnissen lassen sich einige Argumente und Hypothesen für weitere Schlussfolgerungen auflisten. Die erste, sehr naheliegende Vermutung für das Nichterkennen signifikanter Unterschiede in den Attributen Reichhaltigkeit und Einziehvermögen durch das trainierte Sensorikpanel wäre ein mangelndes Training, bzw ein falsches Verständnis der gefragten Attribute. Dies konnte jedoch durch das Hinzuziehen der erfassten Bewertungen dieser Attribute innerhalb eines Rankings von drei Produkten in der Grundschulung zur Erstellung des Panels verworfen werden. Durch nachträgliche Einschätzungsmessung über den Wert des erzielten Fettgehaltes nach Anwendung der ursprünglichen Schulungsprodukte aus dem Ranking konnte ein Vergleich der Spektren erreicht werden. So lässt sich daraus ableiten, dass eine signifikante Unterscheidung der Reichhaltigkeit, bzw. dem Einziehvermögen von Cremes ab einer Differenz von ca. $30\mu\text{g}/\text{cm}^2$, erfasst in der Sebumetermessung nach bewertungskonformer Produktanwendung, möglich wird. Die hier verwendeten Testprodukte wiesen eine durch-

schnittliche Differenz bei der Erfassung des Fettrückstandes mittels Sebumetermessung von $18\mu\text{g}/\text{cm}^2$ auf. Es besteht die Frage, inwieweit diese Produkte in Bezug auf Reichhaltigkeit und Einziehvermögen als signifikant unterschiedlich erkannt werden könnten, wenn eine Erhöhung der Gruppengröße von trainierten Panelisten auf die, in der Tabelle: „Mindestanzahl an Prüfern – einseitiger Paarvergleich“ in Anlage 1, aufgelisteten 33 Personen unter Erhöhung der Power des angewendeten Testes auf $\beta=0,1$, vorgenommen wird. Für weitere Untersuchungen wäre interessant zu verfolgen, ob dadurch diese und vergleichbare Produkte mit einer derart geringen Differenz in den Attributen Reichhaltigkeit und Einziehvermögen signifikant zu unterscheiden sind. Generell ist die Sebumetermessung für die Einschätzung der Reichhaltigkeit einer Creme nur bedingt alleinig nutzbar, denn das Sebumter vermisst ausschließlich den Fettgehalt auf der Hautoberfläche. Es differenziert demnach nicht nach Hautfettgehalt oder cremebedingter Fett-Phase. Da das Attribut Reichhaltigkeit jedoch auf das gepflegte Hautgefühl nach dem vollständigen Einziehen des Produktes abzielt, kann kein vollständiger Zusammenhang zwischen Sebumetermessung und dem Attribut Reichhaltigkeit hergestellt werden. Hier wäre das Hinzuziehen weiterer Messapparaturen zur Erfassung des Hautzustandes nach bewertungskonformer Produkthanwendung sinnvoll. Ergänzend könnte die Ermittlung des Feuchtigkeitsgehaltes der Hornschicht und die Messung des Haut-pH-Wertes erfolgen, um so einen Eindruck über die Art und Intensität der Pflege durch die Creme zu gewinnen. Der zweite sehr naheliegende Schritt wäre die Sensitivierung des Panels durch Modifizierung der Bewertungssystematik. Das Attribut Einziehvermögen ist in derartiger Durchführung kaum modifizierbar und ausreichend sensitiv zur Erfassung von signifikanten Unterschieden. Für die Reichhaltigkeit ist die Einschätzung auf der Innenseite des Unterarmes für feine Unterschiede recht schwierig. Da ausschließlich auf das Hautgefühl nach Einziehen des Produktes geachtet werden soll, die Haut in diesem Testareal jedoch recht gleichmäßig zart ist, werden die cremebedingten Unterschiede schwer differenzierbar. Hier wäre eine Sensitivierung durch Übertragung der Bewertung auf ein geeigneteres Testareal möglich. Es könnte die Reichhaltigkeit leichter durch die Bewertung bei Produkthanwendung im Gesicht stattfinden. Es wäre möglich, nach vorherigem Entfetten mit milder Waschlotion, die Produkte in definierter Menge, Rhythmus und Zeit zum Paarvergleich auf die jeweilige Gesichtshälfte aufzubringen und hinsichtlich der pflegenden Wirkung zu bewerten. Generell bedarf es im Gesicht häufig einer intensiveren Pflege, als auf den Unterarmen, besonders nach der Reinigung, da ansonsten sehr schnell ein gewisses Spannen der Gesichtshaut auftreten kann. Dieser Effekt sollte für eine sensitivere Bewertung durch das trainierte Sensorikpanel ausgenutzt werden. Dadurch könnte sich die Möglichkeit ergeben besonders auch Gesichtscremes nach ihrer Reichhaltigkeit einzuordnen.

Aus dem Vergleich der Ergebnisse des Panels mit den Bewertungen innerhalb der Grundschulung und Messungen mit den ursprünglichen Schulungsprodukten lässt sich jedoch ableiten, dass die Testprodukte nicht aufgrund mangelnder Schulung des Panels nicht signifikant unterschieden werden konnten. Zur eindeutigen Bestätigung dieser Hypothese müssten mit dem hier eingesetzten Panel alle Messungen und Vergleiche möglichst mehrfach unter Verwendung der Produkte A bis E (signifikant unterschiedlich erkannte Schulungsprodukte) wiederholt werden. Es liegt nahe, dass speziell Produkte für die Anwendung im Gesicht sich in Reichhaltigkeit und Einziehvermögen, trotz sehr gegensätzlich formulierter Deklaration über Eignung für den Hauttyp auf der Verpackung, in ihrem Spektrum ähnlich sind. Dies ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass die Verbraucher besonders für die Anwendung im Gesicht gerne schnell einziehende Produkte ohne länger auf der Haut verweilende Rückstände benutzen. Dahingehend werden die Cremes entsprechend in der Forschung und Entwicklung angepasst und unterscheiden sich demnach in den hier untersuchten Attributen nur geringfügig. Dieser Hinweis lässt sich auch aus der Bewertung im Consumertest ableiten.

5.2 Zusammenhang der Ergebnisse der Consumerbewertung

Generell wurde durch das Treffen einer Vorauswahl im Rahmen der Findung von geeigneten Testprodukten für diese Untersuchungen festgestellt, dass sich die Gesichtscremes nur geringfügig voneinander unterscheiden. Unter Betrachtung des Einziehvermögens ist eine Differenzierung recht schwer. Dies könnte darauf basieren, dass Verbraucher besonders bei der Anwendung im Gesicht schnell einziehende Produkt bevorzugen, das häufig direkt nach der Anwendung z.B. Make-Up aufgetragen wird oder die Anwender nur ungern mit einem glänzenden, noch nicht eingezogenen Rückstand auf der Haut verbleiben. Dieses langsame Einziehvermögen ist maximal im Bereich der Nachtcremes vertretbar und deshalb eher selten zu finden. Somit liegt die Vermutung nahe, dass im Bereich der Produktentwicklung mehr Wert auf ein hohes Einziehvermögen der Gesichtscremes, als auf notwendige Reichhaltigkeit speziell für den jeweiligen Hauttyp gelegt wird. Dies würde erklären, warum sich, nach Deklaration so unterschiedliche Produkte, weder in der sensorischen Bewertung durch ein trainiertes Panel, noch innerhalb des Consumertests signifikant unterscheiden. Da die beiden hier verwendeten Testprodukte das Spektrum des Marktsegmentes in ihren Randgebieten widerspiegeln stellt sich die Frage, ob eine Deklaration der Produkte in Eignung für einen bestimmten Hauttyp überhaupt sinnvoll ist, wenn sich die Produkte über das gesamte Spektrum hinweg doch recht ähnlich sind. Ein Kennzeichnung nach reichhaltiger, normaler oder leichter Pflege wäre völlig ausreichend und würde vermutlich eine leichtere Orientierung des Verbrauchers ermöglichen, da diese häufig ihren Hauttyp nicht entsprechend in die Kategorie „trockene“, „normale“, „sensitive“, „fettige“ oder „Misch-

haut“ einordnen können. Durch die Berücksichtigung der Produktpräferenz konnten im Gegensatz zu den ursprünglichen Vermutungen keine eindeutigen Zusammenhänge zwischen Hauttyp und Produktakzeptanz hergestellt werden. Hier können mehrere Ursachen zu Grunde liegen. Die Erste Ursache besteht in der Annahme, dass auch keine generelle Präferenz für ein Produkt abgeleitet werden kann, wenn sich diese Produkte hinsichtlich ihrer ausschlaggebenden Attribute nicht signifikant voneinander unterscheiden. Es wäre also zu betrachten, ob durch die Verwendung von sich stärker unterscheidende Produkten innerhalb derartiger Untersuchungen eine Präferenz entstehen könnte, welche sich nach dem Hauttyp richtet. Dafür könnte die Einstufung der Teilnehmer mittels Sebumtermessung auf der Stirn weiterhin als schnelle Methode durchgeführt werden, da sie in diesem Zusammenhang eine recht deutliche Abgrenzung nach Hauttypen ermöglichte. Es müsste jedoch im Rahmen der Findung einer Präferenz geklärt werden, wonach sich diese richtet. Ist möglicherweise weniger die Reichhaltigkeit und die damit verbundene Pflegewirkung einer Creme, in Abhängigkeit vom jeweiligen Hauttyp, relevant, sondern ausschließlich das hohe Einziehvermögen eines Produktes oder wird eher besonderer Wert auf bestimmtes Auftragsverhalten der Creme gelegt? Es wäre sinnvoll weitere Untersuchungen hinsichtlich tieferer und breitgefächerter Verknüpfung von sensorischen Daten mit der Consumerakzeptanz durchzuführen. Hierzu sollten weitere, sehr unterschiedliche Produkte in der Gesamtheit aller Attribute und ihrer Intensität erfasst und daraus spezifische Produktprofile erstellt werden. Diese Cremes sollten auch innerhalb der Consumerbewertung getestet und nach Akzeptanz sortiert werden. Durch die erhobenen Daten aus einer Hauptkomponentenanalyse kann zum Beispiel mittels multipler linearer Regressionsanalyse eine Voraussage von Produktakzeptanz in Abhängigkeit von bestimmten Attributintensitäten ermöglicht werden. Hieraus ließen sich neue Systematiken zur sensorischen Produktbewertung ableiten. Es stellt sich jedoch zusätzlich die Frage, wie stark die Produktpräferenz von der persönlichen Verbrauchergewohnheit und Erfahrung in der Anwendung bestimmter Cremes geprägt ist und ob sich dennoch gewisse Vorhersagemodelle entwickeln lassen oder ob diese Schwankungen zu stark sind, um daraus ein verlässliches Modell erstellen zu können.

5.3 Schlussfolgerungen

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass mit Hilfe der durchgeführten Untersuchungen die Methodik zur Einstufung von Gesichtscremes in Eignung für „trockene“ oder für „fettige“ Haut nicht hinreichend entwickelt werden konnte. Es ergab sich jedoch die Erkenntnis, dass sich die Gesichtscremes über das komplette Marktspektrum hinweg sehr ähneln und so auch für den Verbraucher keine eindeutige Präferenz nachgewiesen werden konnte. Es ist zu vermuten, dass die Produkte hinsichtlich Einziehvermögen im Bereich der Produktentwicklung angepasst werden und die Einordnung in Eignung für den Hauttyp lediglich anhand der gewählten Rahmenrezeptur stattfindet. Hieraus lässt sich folgern, dass eine Deklaration in einer allgemeineren Formulierung der Cremeeigenschaften sinnvoller sein könnte und dem Verbraucher eher als Orientierungshilfe dienen sollte. Für die Nutzung in der Praxis sollte neben der möglichen Sensitivierung des trainierten Sensorikpanels eine Kombination instrumenteller Messmethoden genutzt werden, welche Hauteigenschaften erfassen, die das Einziehvermögen und die Reichhaltigkeit, bzw. weitere im Rahmen einer Procrustes-Analyse hinzukommende Attribute, tangieren und die Tauglichkeit dieser Methoden sollte geprüft werden. Hinzu kommt die Erfassung der Dimension des Messbereiches, sowohl im Panel, als auch mit instrumenteller Messung mittels verschiedener Referenzen im Abgleich mit Consumerbewertungen einer größeren Grundgesamtheit. Kann hinsichtlich dieser Modifikationen und Berücksichtigungen eine Methodik zur Einschätzung der Gesichtscremes in Eignung für einen speziellen Hauttyp erzielt werden, so sollte über Erfassung der Produkteigenschaften eines weiten Spektrums und die Vergleichseinschätzung in der Produktpräferenz, bzw. Akzeptanz innerhalb eines Consumertests eine Art Systematik zur Zuordnung der Deklaration als Resultat der sensorischen Bewertung entwickelt werden, damit diese Methodik auch im Rahmen der Produktentwicklung eingesetzt werden kann.

Unter Berücksichtigung all dieser Argumente und Bedingungen könnte eine geeignetere Methode zur Einschätzung der Gesichtscremes und eventueller Bevorzugung durch spezielle Verbrauchergruppen entwickelt werden. Diese Methodik könnte eine einfachere Einteilung der Produkte ohne derart starke Überschneidungen einzelner Attribute ermöglichen und könnte so die willkürliche Produktsuche des Verbrauchers nach einer optimalen Gesichtspflege leichter gestalten.

6 Zusammenfassung

Im Rahmen dieser Arbeit wurde der Zusammenhang zwischen sensorischer Messung der Reichhaltigkeit und des Einziehvermögens einer Gesichtscreme mittels trainiertem Sensorikpanel und der Verbraucherpräferenz, in Abhängigkeit vom Hauttyp, innerhalb eines Consumertests untersucht. Hierfür wurden zwei ausgewählte Gesichtscremes eingesetzt, welche sich nach Deklaration auf der Verpackung in Eignung für sehr trockene bzw. für fettige bis Mischhaut unterscheiden. Diese wurden nach definierter Bewertungssystematik vom trainierten Panel untersucht und mit den Ergebnissen der Bewertung durch die Consumer verglichen. Ergänzend wurde eine instrumentelle Messung innerhalb der Panelbewertung mittels Sebumeter zur Erfassung des verbliebenen Rückstandes auf der Haut nach Cremeanwendung vorgenommen. Zusätzlich diente die Messung des Hautfettgehaltes durch das Sebumeter zur Einteilung der Consumer in Teilnehmer mit „trockener“ und mit „fettiger“ Gesichtshaut, damit durch Einteilung in die Gruppen die Präferenz unter Berücksichtigung des Hauttyps näher untersucht werden konnte. Dadurch sollte es möglich werden, unter Herstellung eines Zusammenhanges zwischen sensorischer Bewertung mit dem Panel und der Produktbevorzugung im Consumertest, Gesichtscremes durch sensorische Bewertung der Reichhaltigkeit und des Einziehvermögens in Eignung für „trockene“, „normale“ oder für „fettige“ zu kategorisieren. Hieraus sollte im Rahmen der Produktentwicklung eine neue Möglichkeit zur Festlegung der Verpackungsdeklaration durch Einschätzung der Gesichtscremes entstehen. Innerhalb der Untersuchungen konnten bei der Anwendung beider Testprodukte weder signifikante Unterschiede in Reichhaltigkeit und Einziehvermögen bei der Bewertung mit dem trainierten Sensorikpanel, noch im Rahmen des Consumertests nachgewiesen werden, obwohl sich die Produkte nach Verpackungsdeklaration deutlich unterscheiden sollten. Bei der panelbegleitenden Erfassung des Cremerückstandes nach Anwendung mittels Sebumeter wurde dennoch ein signifikanter Unterschied zwischen den Produkten nachweisbar. Anhand des Vergleichs von den in der Grundschulung, zur Erstellung des Sensorikpanels, signifikant unterschiedlichen Produkten mit den sebumetrischen Messungen dieser Untersuchungen konnte ein Spektrum ermittelt werden, innerhalb dessen Produktunterschiede mittels Sensorikpanel signifikant festgestellt werden könnten. Durch die starke Ähnlichkeit der Produkte, die sich scheinbar durch die gesamte Palette der kommerziell erhältlichen Gesichtscremes zieht, konnte keine Abhängigkeit zwischen Consumerpräferenz und Hauttyp nachgewiesen werden. Jedoch könnten weiterführende Untersuchungen, mit dem Vergleich mehrerer Produkte und Aufstockung der Personenanzahl im Consumertest, Erkenntnisse zur Feststellung eines Zusammenhangs liefern. Mittels Sensitivierung des Sensorikpanels ließe sich möglicherweise eine geeignete Methodik zur Einschätzung von Gesichtscremes in Eignung für den Hauttyp erzielen.

7 Literaturverzeichnis

ASTM E1490-03: Standard Practice for Descriptive Skinfeel Analysis of Creams and Lotions. <http://www.astm.org/Standards/E1490.htm> (Dezember, 2011)

ADK - Arbeitsgemeinschaft ästhetische Dermatologie und Kosmetologie e.V., 2011
<http://www.derminform.de/wms/adk/> (30.11.11)

Backhaus, K.; Erichson, B.; Plinke, W.; Weiber, R.: Multivariate Analysemethoden. Eine anwendungsorientierte Einführung. 13. Auflage. Berlin: Springer-Verlag, LLC, 2011

Bamberg, G.; Baur F.; Krapp, M.: Statistik. 14. Auflage. München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH, 2008

Busch-Stockfisch, M. (Hrsg.): Praxishandbuch der Sensorik. In der Produktentwicklung und Qualitätssicherung. Hamburg: Behr's Verlag, 2008

Busch, P.; Gassenmeier, T.: Sensory Assessment in the cosmetic field. Parfümerie und Kosmetik, 78. Jahrgang. Nr. 7-8/97, S. 16-21.

Civille, G.: The Influence of sensory perception. Consumer Perceptions of Liking and Performance. Sensory Spectrum, Inc. Journal of cosmetic science, 2009

Delarue, J.; Sieffermann, J.-M.: Sensory mapping using Flash profile. Comparison with a conventional descriptive method for the evaluation of the flavour of fruit dairy products. Ecole Nationale Supérieure des Industries Agricoles et Alimentaires, France: Food Quality and Preference (2004), Ausgabe 15, S. 383–392

Dijksterhuis, G. B.; Piggott, J.R.: Dynamic methods of sensory analysis. Trends in Food Science & Technology (2011), Ausgabe 11, S. 284–290

DIN 10950-2: Sensorische Prüfung. Teil 2: Allgemeine Grundlagen, 2000

DIN EN ISO 10954 : Sensorische Prüfverfahren- Paarweise Vergleichsprüfung, 2007

DIN 10961: Schulung von Prüfpersonen für sensorische Prüfungen, 1996

Amtliche Sammlung von Untersuchungsverfahren nach § 35 LMBG: L 00.90, Untersuchung von Lebensmitteln. Prüfbereiche für sensorische Prüfungen - Anforderungen an Prüfräume. Übernahme der DIN 10962, 1999

DIN 10967, Beiblatt 1 (2000) : Sensorische Prüfverfahren - Profilprüfung - Beispiele zur statistischen Auswertung

Excel 2007: Microsoft Office Home & Student 2007. Microsoft Corporation

Fahrmeir, L.; Künstler, R.; Pigeot, I.; Tutz, G.: Statistik. Der Weg zur Datenanalyse. 7. Auflage. Berlin: Springer-Verlag, 2010

Fliedner; Wilhelmi: Grundlagen und Prüfverfahren der Lebensmittelsensorik. 2. überarb. und erw. Auflage. Hamburg: Behr's Verlag, 1993

Giboreau, A.: Cosmetics and the 5 senses. Perception & Description. Adriant, Research and Sensory Marketing, Fd Qual & Pref (2006): pdf (Mai, 2011)

- Guest, S.; Dessirier, J.; Mehrabyan, A.; McGlone, F.; Essick, G.; Gescheider, G.; Fontana, A.; Xiong, R.; Ackerley, R.; Blot, K.: The development and validation of sensory and emotional scales of touch perception. Psychonomic Society, Inc. 2010: *Atten Percept Psychophys* (2011), Ausgabe 73, S.531–550
- Horiuchi, K.; Kashimoto, A.; Tsuchiya, R.; Yokoyama, M.; Nakano, K.: Relationship Between Tactile Sensation and Friction Signals in Cosmetic Foundation. Springer Science+Business Media, LLC 2009, *Tribol Lett* (2009), Ausgabe 36, S.113–123
- ISO 8586-1/1993: Sensory analysis – General guidance for the selection, training and monitoring of assessors. Part 1: Selected assessors.
- Kemp, S.; Hollowood, T.; Hort, J.: *Sensory Evaluation. A Practical Handbook*. West Sussex, UK: Wiley-Blackwell, 2009
- Lawless, H.; Heymann, H.: *Sensory Evaluation of Food. Principles and Practices*. 2nd Edition. New York: Springer Science+Business Media, 2010
- Lelièvre, M.; Chollet, S.; Abdi, H.; Valentin, D.: Beer-Trained and Untrained Assessors Rely More on Vision than on Taste When They Categorize Beers. France: Springer Science + Business Media, LLC, 2009
- Maienschein, Dr. V.: Wirkstoffe mit Soforteffekt- Erlebbare Anti-Aging- Wirkstoffe. Sensorik – Kosmetik mit den Sinnen erleben. SEPAWA Fachgruppe Angewandte Kosmetik, Ludwigshafen: 14.–15. September 2010: *SÖFW-Journal* (November 2010), Ausgabe 136, S.73-74
- Meilgaard, M.; Civille, G.; Carr, T.: *Sensory Evaluation Techniques*, 4th Edition. Boca Raton: CRC Press, 2007
- Meyners, M.; Kunert, J.: „Univariate Verfahren“ , „Multivariate Verfahren“ in *Praxishandbuch der Sensorik*. In der Produktentwicklung und Qualitätssicherung. Hamburg: Behr's Verlag, 2008
- Miller, D.; Henning, T.: Duschbäder mit PEG als Zusatz- Einflüsse auf Schaum- und Hautgefühl im Anwendungstest. *SÖFW-Journal* (2004), Ausgabe 130, S. 24-29
- O'Mahony, M.: *Sensory Evaluation of Food. Statistical Methods and Procedures*. New York: Marcel Dekker Inc., 1986
- Primmel, B.: Untersuchung des idealen sensorischen Profils einer Anti-Aging-Gesichts-pflege. Sensorik – Kosmetik mit den Sinnen erleben. SEPAWA Fachgruppe Angewandte Kosmetik, Ludwigshafen: 14.–15. September 2010: *SÖFW-Journal* (November 2010), Ausgabe 136, S. 68-69
- Prinsloo, A.: The Relationship between consumer Acceptability and descriptive sensory Attributes of Cheddar cheese, with special Reference to Free Choice Profiling. Bloemfontein, South Africa: University of the Free State, November 2007
- Prinz, Dr. D: Sensory Assessment-Von der Theorie zur Anwendung. Sensorik – Kosmetik mit den Sinnen erleben. SEPAWA Fachgruppe Angewandte Kosmetik, Ludwigshafen: 14.–15. September 2010: *SÖFW-Journal* (November 2010), Ausgabe 136, S. 67-68
- Rasch, B.; Fries, M.; Hofmann, W.; Naumann, E.: *Quantitative Methoden. Einführung in die Statistik*. Band 1. 2. Auflage. Heidelberg: Springer Medizin Verlag, 2006

Rasch, B.; Frieze, M.; Hofmann, W.; Naumann, E.: Quantitative Methoden. Einführung in die Statistik. Band 2. 2. Auflage. Heidelberg: Springer Medizin Verlag, 2006

Sebumeter SM815-courage-khazaka: Information und Gebrauchsanweisung zum Multi Probe Adapter MPA und den anschließbaren Sonden. Köln: CK electronic GmbH

Stone, H.; Sidel, J.: Sensory Evaluation Practices, 3rd Edition. San Diego: Elsevier Academic Press, 2004

Tiedemann, J.: Erstellung eines Sensorikpanels für die Bewertung von kosmetischen Produkten der Bereiche Leave-On, Rinse Off und Haircare. Neubrandenburg: HS Neubrandenburg, 2011

Van Reeth, I.; Courel, B.; Van Doorn, S.: Beyond Skin Feel: Innovative Methods for Developing Complex Sensory Profiles with Silicones. USA: Dow Corning Europe, 2003

8 Verzeichnis der Tabellen und Abbildungen

8.1 Tabellen

Tabelle 1: Einteilung der Haut nach Messung des Sebumgehaltes und Ort der Untersuchung....	12
Tabelle 2: Auflistung der verwendeten Testprodukte	13
Tabelle 3: Ausschnitt aus der Tabelle zur Ermittlung der Mindestprüferanzahl - einseitiger Paarvergleich (Busch-Stockfisch, 2008).....	18
Tabelle 4: Ausschnitt aus der Signifikanztabelle des einseitigen Paarvergleichs (Busch-Stockfisch, 2008).....	19
Tabelle 5: Auszug aus der Tabelle zur Berechnung der Ausreißer bei der Sebumetermessung...	20
Tabelle 6: Ergebnis der zweifaktoriellen Varianzanalyse ohne Messwiederholung der Produkte A und B mit dem Attribut Reichhaltigkeit	23
Tabelle 7: Ergebnis des t-Testes zur Untersuchung des signifikanten Unterschiedes der Sebumeter-messung nach Anwendung von Produkt A und B	25
Tabelle 8: kritische Werte r_{kritisch} zur Beurteilung einer Korrelation	27
Tabelle 9: Übersicht über die Signifikanzen beim Ranking nach Einziehvermögen in der Grundschulung des Panels	30
Tabelle 10: Übersicht über die Signifikanzen beim Ranking nach Reichhaltigkeit in der Grundschulung des Panels	30
Tabelle 11: Auflistung der Mittelwertdifferenzen der verschiedenen Produkte nach Messung mittels Sebumeter.....	31
Tabelle 12: Auflistung der Korrelationsanalyse zwischen Reichhaltigkeit und Einziehvermögen	37

8.2 Abbildungen

Abbildung 1: Zusammenhang zwischen den Attributen Reichhaltigkeit und Einziehvermögen von Produkt A in der Bewertung durch das trainierten Sensorikpanel	26
Abbildung 2: Darstellung der sensorischen Bewertung des Panels mittels Score	29
Abbildung 3: Ergebnisse des Rankings vom Attribut Einziehvermögen aus der Grundschulung zur Erstellung des Sensorikpanels	30
Abbildung 4: Ergebnisse des Rankings vom Attribut Reichhaltigkeit aus der Grundschulung zur Erstellung des Sensorikpanels	30
Abbildung 5: Darstellung der durchschnittlichen Sebumtermessergebnisse der Produkte A und B vor und nach Anwendung im Panel.....	31
Abbildung 6: Ergebnis der Zuordnung des Hauttyps mittels Sebumtermessung.....	33
Abbildung 7: Sensorische Bewertung der Attribute Einziehvermögen und Reichhaltigkeit der Consumer mit "trockener" Gesichtshaut	34
Abbildung 8: Sensorische Bewertung der Attribute Einziehvermögen und Reichhaltigkeit der Consumer mit "fettiger" Gesichtshaut.....	34
Abbildung 9: Durchschnittliche sensorische Bewertung der Consumer mit "trockener" Gesichtshaut	35
Abbildung 10: Durchschnittliche sensorische Bewertung der Consumer mit "fettiger" Gesichtshaut	36

9 Anhang

9.1 Verzeichnis der Anlagen

Anlage 1: Tabelle zur Auswahl der benötigten Prüfpersonenanzahl - einseitiger Paarvergleich.....	49
Anlage 2: Signifikanztabelle zur Auswertung des einseitigen Paarvergleichs.....	50
Anlage 3: Tabelle der kritischen Werte - Ausreißertest nach Grubbs.....	51
Anlage 4: Tabelle der kritischen Werte - t-Verteilung.....	52
Anlage 5: Tabelle der kritischen Werte r_{kritisch} zur Beurteilung einer Korrelation.....	53
Anlage 6: Auflistung der verwendeten Testprodukte.....	54
Anlage 7: Ergebnisse der Consumergruppe mit "trockener" Gesichtshaut.....	55
Anlage 8: Ergebnisse der Consumergruppe mit "fettiger" Gesichtshaut.....	56
Anlage 9: Ergebnisse der statistischen Auswertung der Panelbewertung.....	57
Anlage 10: Ergebnisse der statistischen Auswertung der Sebumtermessungen im Panel.....	58
Anlage 11: Ergebnisse der statistischen Auswertung der Bewertungen im Consumertest.....	59
Anlage 12: Korrelationsanalyse zwischen Reichhaltigkeit und Einziehvermögen.....	60
Anlage 13: Verwendete Formeln.....	62
Anlage 14: Erklärung über die selbstständige Anfertigung der Arbeit.....	63

9.2 Anlagen

Anlage 1: Tabelle zur Auswahl der benötigten Prüfpersonenanzahl - einseitiger Paarvergleich

α		β				
		0,30	0,20	0,10	0,05	0,01
0,40	$p_D=50\%$ $P_{max}=75\%$	4	6	10	14	27
0,30		7	9	13	20	30
0,20		10	12	19	26	39
0,10		14	19	26	33	48
0,05		18	23	33	42	58
0,01		33	40	50	59	80
0,001		51	61	71	83	107
0,40	$p_D=40\%$ $P_{max}=70\%$	6	8	14	25	41
0,30		9	13	22	28	49
0,20		12	19	30	39	60
0,10		21	28	39	53	79
0,05		30	37	53	67	93
0,01		52	64	80	96	130
0,001		81	95	117	135	176
0,40	$p_D=30\%$ $P_{max}=65\%$	8	14	29	41	76
0,30		13	24	39	53	88
0,20		21	32	49	68	110
0,10		37	53	72	96	145
0,05		53	69	93	119	173
0,01		89	112	143	174	235
0,001		144	172	210	246	318
0,40	$p_D=20\%$ $P_{max}=60\%$	23	35	59	94	171
0,30		30	49	84	119	205
0,20		49	77	112	158	253
0,10		85	115	168	214	322
0,05		119	158	213	268	392
0,01		207	252	325	391	535
0,001		327	386	479	556	731
0,40	$p_D=10\%$ $P_{max}=55\%$	61	124	237	362	672
0,30		117	199	333	479	810
0,20		193	294	451	618	1006
0,10		337	461	658	861	1310
0,05		475	620	866	1092	1583
0,01		820	1007	1301	1582	2170
0,001		1309	1551	1908	2248	2937

Quelle: Meilgaard, M.; Civille, G.; Carr, T.: Sensory Evaluation Techniques, 4th Edition. Boca Raton: CRC Press, 2007

Anlage 2: Signifikanztabelle zur Auswertung des einseitigen Paarvergleichs

Mindestanzahl benötigter Antworten um auf einen signifikanten Unterschied bei einem einseitigen Paarvergleich zu schließen. (n= Anzahl der „richtigen“ Antworten, α = Signifikanzlevel)

n	α				
	0,30	0,20	0,10	0,05	0,01
2	2	-	-	-	-
3	3	3	-	-	-
4	4	4	4	-	-
5	4	4	5	5	-
6	5	5	6	6	-
7	5	6	6	7	7
8	6	6	7	7	8
9	6	7	7	8	9
10	7	7	8	9	10
11	7	8	9	9	10
12	8	8	9	10	11
13	8	9	10	10	12
14	9	10	10	11	12
15	10	10	11	12	13
16	10	11	12	12	14
17	11	11	12	13	14
18	11	12	13	13	15
19	12	12	13	14	15
20	12	13	14	15	16
21	13	13	14	15	17
22	13	14	15	16	17
23	14	15	16	16	18
24	14	15	16	17	19
25	15	16	17	18	19
26	15	16	17	18	20
27	16	17	18	19	20
28	16	17	18	19	21
29	17	18	19	20	22
30	17	18	20	20	22
31	18	19	20	21	23
32	18	19	21	22	24
33	19	20	21	22	24
34	20	20	22	23	25
35	20	21	22	23	25
36	21	22	23	24	26
40	23	24	25	26	28
44	25	26	27	28	31
48	27	28	29	31	33
52	29	30	32	33	35

Quelle: Meilgaard, M.; Civille, G.; Carr, T.: Sensory Evaluation Techniques, 4th Edition. Boca Raton: CRC Press, 2007

Anlage 3: Tabelle der kritischen Werte - Ausreißertest nach Grubbs

n	P(90%) => $\alpha=0,1$	P(95%) => $\alpha=0,05$	P(99%) => $\alpha=0,01$
3	1,148	1,153	1,155
4	1,425	1,463	1,492
5	1,602	1,672	1,749
6	1,729	1,822	1,944
7	1,828	1,938	2,097
8	1,909	2,032	2,221
9	1,977	2,110	2,323
10	2,036	2,176	2,410
11	2,088	2,234	2,485
12	2,134	2,285	2,550
13	2,175	2,331	2,607
14	2,213	2,371	2,659
15	2,247	2,409	2,705
16	2,279	2,443	2,747
17	2,309	2,475	2,785
18	2,335	2,504	2,821
19	2,361	2,532	2,854
20	2,385	2,557	2,884
21	2,408	2,580	2,912
22	2,429	2,603	2,939
23	2,448	2,624	2,963
24	2,467	2,644	2,987
25	2,486	2,663	3,009
26	2,502	2,681	3,029
27	2,519	2,698	3,049
28	2,534	2,714	3,068
29	2,549	2,730	3,085
30	2,563	2,745	3,103
31	2,577	2,759	3,119
32	2,591	2,773	3,135
33	2,604	2,786	3,150
34	2,616	2,799	3,164
35	2,628	2,811	3,178
36	2,639	2,823	3,191
37	2,650	2,835	3,204
38	2,661	2,846	3,216
39	2,671	2,857	3,228
40	2,682	2,866	3,240
41	2,692	2,877	3,251
42	2,700	2,887	3,261
43	2,710	2,896	3,271
44	2,719	2,905	3,282
45	2,727	2,914	3,292
46	2,736	2,923	3,302
47	2,744	2,931	3,310
48	2,753	2,940	3,319
49	2,760	2,948	3,329
50	2,768	2,956	3,336
60	2,837	3,025	3,411

Quelle: <http://www.faes.de/Basis/Basis-Statistik/Basis-Statistik-Tabelle-Grubbs/basis-statistik-tabelle-grubbs.html> (20.12.2011)

Anlage 4: Tabelle der kritischen Werte - t-Verteilung

Anzahl der Freiheitsgrade	Signifikanzlevel α für einseitigen Test				
	0,01	0,05	0,025	0,01	0,005
	Signifikanzlevel α für zweiseitigen Test				
	0,02	0,1	0,05	0,02	0,01
1	3,078	6,314	12,706	31,821	63,656
2	1,886	2,92	4,303	6,965	9,925
3	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841
4	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604
5	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032
6	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707
7	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499
8	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355
9	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250
10	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169
11	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106
12	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055
13	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012
14	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977
15	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947
16	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921
17	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898
18	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878
19	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861
20	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845
21	1,323	1,721	2,080	2,518	2,831
22	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819
23	1,319	1,714	2,069	2,500	2,807
24	1,318	1,711	2,064	2,492	2,797
25	1,316	1,708	2,060	2,485	2,787
26	1,315	1,706	2,056	2,479	2,779
27	1,314	1,703	2,052	2,473	2,771
28	1,313	1,701	2,048	2,467	2,763
29	1,311	1,699	2,045	2,462	2,756
30	1,310	1,697	2,042	2,457	2,750
60	1,296	1,671	2,000	2,390	2,660
120	1,289	1,658	1,980	2,358	2,617
∞	1,282	1,645	1,960	2,326	2,576

Quelle: Lawless, H.; Heymann, H.: Sensory Evaluation of Food. Principles and Practices. 2nd Edition. New York: Springer Science+Business Media, 2010

Anlage 5: Tabelle der kritischen Werte r_{kritisch} zur Beurteilung einer Korrelation

df (n-2)	Signifikanzniveau α für einseitigen Test			
	0,05	0,025	0,01	0,005
	Signifikanzniveau α für zweiseitigen Test			
	0,1	0,05	0,02	0,01
1	0,988	0,997	0,999	0,999
2	0,900	0,950	0,980	0,990
3	0,805	0,878	0,934	0,959
4	0,729	0,811	0,882	0,917
5	0,669	0,754	0,833	0,875
6	0,622	0,707	0,789	0,834
7	0,582	0,666	0,750	0,798
8	0,549	0,632	0,716	0,765
9	0,521	0,602	0,685	0,735
10	0,497	0,576	0,658	0,708
11	0,476	0,553	0,634	0,684
12	0,458	0,532	0,612	0,661
13	0,441	0,514	0,592	0,641
14	0,426	0,497	0,574	0,623
15	0,412	0,482	0,558	0,606
16	0,400	0,486	0,542	0,590
17	0,389	0,456	0,528	0,575
18	0,378	0,444	0,516	0,561
19	0,369	0,433	0,503	0,549
20	0,360	0,423	0,492	0,537
21	0,352	0,413	0,482	0,526
22	0,344	0,404	0,472	0,515
23	0,337	0,396	0,462	0,505
24	0,330	0,388	0,453	0,496
25	0,323	0,381	0,445	0,487
26	0,317	0,374	0,437	0,479
27	0,311	0,367	0,43	0,471
28	0,306	0,361	0,423	0,463
29	0,301	0,355	0,416	0,456
30	0,296	0,349	0,409	0,449
35	0,275	0,325	0,381	0,418
40	0,257	0,304	0,358	0,393
45	0,243	0,288	0,338	0,372
50	0,231	0,273	0,322	0,354

Quelle: Lawless, H.; Heymann, H.: Sensory Evaluation of Food. Principles and Practices. 2nd Edition. New York: Springer Science+Business Media, 2010

Anlage 6: Auflistung der verwendeten Testprodukte

Produktbezeichnung in dieser Arbeit	Produktcode aus der Grundschulung	Produkt
Creme A	-	Alterra Naturkosmetik, Pflege-Gesichtscreme für sehr trockene Haut mit Granatapfel: Hergestellt für Dirk Rossmann GmbH, Burgwedel (Chargen: 01/14-17170 und 08/13-12278)
Creme B	-	Rival de Loop, Pure Skin-mattierende Feuchtigkeitspflege, geklärtes Hautbild, porenverfeinernd mit Süßholzwurzelextrakt und Panthenol für fettige- und Mischhaut: Hergestellt für Dirk Rossmann GmbH, Burgwedel (Charge: 17116222)
C	112 und 628	Florena Pflegelotion mit Bio-Aloe Vera, Feuchtigkeitspflege für normale Haut; Charge:03412816; Herst.: Beiersdorf AG, Hamburg
D	016 und 118	Nivea Soft – erfrischend intensive Feuchtigkeitscreme mit Jojobaöl&Vitamin E (Tube); Charge: 04034574 und 11257174; Herst.: Beiersdorf AG, Hamburg
E	416 und 871	ISANA BODYMILK, reichhaltige Pflege für trockene Haut mit Vitamin E; Charge: 0061 09:30 und 0371 13:28 und 0651 05:12; Herst.: für Dirk Rossmann GmbH, Burgwedel,

Anlage 7: Ergebnisse der Consumergruppe mit "trockener" Gesichtshaut

Nr.	Teilnehmer		Hautfettgehalt auf der Stirn		Hauttypzuordnung	Präferenz	Präferenz als Ranking		sensorische Bewertung im Score				
	ID		$\mu\text{g}/\text{cm}^2$				Produkt	Produkt A	Produkt B	Einzieh. A	Einzieh. B	Reichh. A	Reichh. B
2	16245		43		tr	a	1	2	1	-1	1	1	0
3	3856		71		tr	b	2	1	0	1	2	2	1
6	9049		24		tr	a	1	2	-1	2	2	0	0
8	12692		15		tr	a	1	2	0	1	1	-1	-1
18	17127		64		tr	a	1	2	1	0	1	1	0
19	13285		80		tr	a	1	2	-1	-2	0	1	1
20	17121		34		tr	b	2	1	0	1	1	0	0
21	13970		18		tr	b	2	1	1	0	-1	1	1
22	18081		71		tr	b	2	1	0	2	0	1	1
24	3733		43		tr	b	2	1	-1	1	0	2	2
25	6568		61		tr	b	2	1	2	1	2	1	1
27	1046		49		tr	b	2	1	2	-2	-1	1	1
28	12933		34		tr	b	2	1	2	1	2	1	1
30	2434		61		tr	a	1	2	-1	0	0	-1	-1
31	11155		95		tr	b	2	1	2	1	0	1	1
34	830		6		tr	b	2	1	-1	1	-1	0	0
36	15447		44		tr	a	1	2	0	1	1	0	0
37	5770		34		tr	b	2	1	0	1	-1	0	0
39	20062		38		tr	b	2	1	-1	0	1	2	2
40	16785		49		tr	b	2	1	0	1	0	1	1
43	20001		51		tr	a	1	2	1	-1	1	0	0
44	14432		52		tr	a	1	2	0	-1	1	0	0
	Mittelwert		47,14				1,59	1,41	0,27	0,36	0,55	0,50	0,50
	Standardabweichung		21,297				0,492	0,492	1,052	1,110	0,988	0,783	0,783
	95%-Konfidenzintervall		9,443				0,218	0,218	0,467	0,492	0,438	0,347	0,347
	Median		46,5				2,00	1,00	0,00	1,00	1,00	0,50	0,50
	Quartil unten		34				1	1	0,75	0	0	0	0
	Quartil oben		61				2	2	1	1	1	1	1

Anlage 8: Ergebnisse der Consunmergruppe mit "fettiger" Gesichtshaut

Nr.	Teilnehmer		Hautfettgehalt auf der Stirn		Hauttypzuordnung Gr. "fettig"	Präferenz Produkt	Präferenz als Ranking		sensorische Bewertung im Score			
	ID		$\mu\text{g}/\text{cm}^2$				Produkt A	Produkt B	Einzieh. A	Einzieh. B	Reichh. A	Reichh. B
1	16602		227		f	a	1	2	-1	1	-1	-2
4	7774		154		f	a	1	2	-1	1	1	0
5	15950		177		f	a	1	2	1	-1	0	-1
7	7980		169		f	a	1	2	-1	2	1	0
9	7077		270		f	b	2	1	1	0	0	-1
10	376		191		f	b	2	1	0	1	1	0
11	11560		184		f	b	2	1	-2	1	1	0
12	19805		168		f	a	1	2	0	1	0	-1
13	17194		175		f	b	2	1	1	-1	-1	1
14	19909		119		f	b	2	1	-1	1	0	1
15	17586		234		f	a	1	2	0	-1	0	1
16	12888		138		f	a	1	2	2	-1	1	2
17	4117		153		f	a	1	2	1	-1	1	0
23	3303		182		f	b	2	1	-1	0	-1	0
26	5815		213		f	a	1	2	1	0	1	-1
29	13211		201		f	b	2	1	1	0	1	0
32	20054		143		f	a	1	2	1	-1	-1	1
33	18619		229		f	a	1	2	1	0	-1	0
35	13414		226		f	b	2	1	0	1	1	-1
38	303		124		f	a	1	2	1	0	1	0
41	7425		180		f	b	2	1	-1	0	-1	0
42	6603		229		f	a	1	2	0	-1	1	2
	Mittelwert		185,73				1,41	1,59	0,14	0,09	0,23	0,05
	Standardabweichung		38,604				0,492	0,492	1,013	0,900	0,849	0,976
	95%-Konfidenzintervall		17,116				0,218	0,218	0,449	0,399	0,376	0,433
	Median		181				1,00	2,00	0,00	0,00	0,50	0,00
	Quartil unten		157,5				1	1	1	1	0,75	0,75
	Quartil oben		222,75				2	2	1	1	1	0,75

Anlage 9: Ergebnisse der statistischen Auswertung der Panelbewertung

Ergebnisse der Panelbewertung

ANOVA Reichhaltigkeit zw. A und B

<i>Streuungsursache</i>	<i>Quadratsummen (SS)</i>	<i>Freiheitsgrade (df)</i>	<i>Mittlere Quadratsumme (MS)</i>	<i>Prüfgröße (F)</i>	<i>P-Wert</i>	<i>kritischer F-Wert</i>
Prüfer	12,9565217	22	0,58893281	0,55185185	0,91443545	2,04777031
Prüfmuster A und B	0,02173913	1	0,02173913	0,02037037	0,88780663	4,30094946
Zufallsfehler	23,4782609	22	1,06719368			
Gesamt	36,4565217	45				

ANOVA Einziehvermögen zw. A und B

<i>Streuungsursache</i>	<i>Quadratsummen (SS)</i>	<i>Freiheitsgrade (df)</i>	<i>Mittlere Quadratsumme (MS)</i>	<i>Prüfgröße (F)</i>	<i>P-Wert</i>	<i>kritischer F-Wert</i>
Prüfer	23,6521739	22	1,07509881	1,07936508	0,42972823	2,04777031
Prüfmuster A und B	0,08695652	1	0,08695652	0,08730159	0,77040674	4,30094946
Zufallsfehler	21,9130435	22	0,99604743			
Gesamt	45,6521739	45				

Anlage 10: Ergebnisse der statistischen Auswertung der Sebumetermessungen im Panel

ANOVA Vorher-Nachher Anwendung Produkt A

<i>Streuungsursache</i>	<i>Quadratsummen (SS)</i>	<i>Freiheitsgrade (df)</i>	<i>Mittlere Quadratsumme (MS)</i>	<i>Prüfgröße (F)</i>	<i>P-Wert</i>	<i>kritischer F-Wert</i>
Prüfer	7277,36905	20	363,868452	0,99711939	0,50254142	2,12415521
Vor-Nach Anwendung A	62601,4821	1	62601,4821	171,548678	2,8522E-11	4,35124348
Zufallsfehler	7298,39286	20	364,919643			
Gesamt	77177,244	41				

ANOVA Vorher-Nachher Anwendung Produkt B

<i>Streuungsursache</i>	<i>Quadratsummen (SS)</i>	<i>Freiheitsgrade (df)</i>	<i>Mittlere Quadratsumme (MS)</i>	<i>Prüfgröße (F)</i>	<i>P-Wert</i>	<i>kritischer F-Wert</i>
Prüfer	3773,34659	21	179,683171	0,9842195	0,51436466	2,08418862
Vor-Nach Anwendung B	39390,2784	1	39390,2784	215,761332	1,6108E-12	4,32479371
Zufallsfehler	3833,84659	21	182,564123			
Gesamt	46997,4716	43				

Zweistichproben t-Test unter der Annahme unterschiedlicher Varianzen, (nach Herausnahme der Ausreißer)

$\alpha=0,05$

	<i>Sebumetermessung nach Anwendung von Produkt A</i>	<i>Sebumetermessung nach Anwendung von Produkt B</i>
Mittelwert	77,62	60,25
Varianz	728,52	362,09
Beobachtungen	21	22
Hypothetische Differenz der Mittelwerte	0	
Freiheitsgrade (df)	36	
t-Statistik	2,43	
P(T<=t) einseitig	0,0101	
Kritischer t-Wert bei einseitigem t-Test	1,6883	
P(T<=t) zweiseitig	0,0203	
Kritischer t-Wert bei zweiseitigem t-Test	2,0281	

Anlage 11: Ergebnisse der statistischen Auswertung der Bewertungen im Consumertest

ANOVA Reichhaltigkeit zwischen Produkt A und B							
<i>Streuungsursache</i>	<i>Quadratsummen (SS)</i>	<i>Freiheitsgrade (df)</i>	<i>Mittlere Quadratsumme (MS)</i>	<i>Prüfgröße (F)</i>	<i>P-Wert</i>	<i>kritischer F-Wert</i>	
Prüfer	39,9431818	43	0,92891121	1,13423685	0,34073467	1,66074374	
Prüfmuster A und B	0,28409091	1	0,28409091	0,34688609	0,55896276	4,06704732	
Zufallsfehler	35,2159091	43	0,81897463				
Gesamt	75,4431818	87					

ANOVA Einziehvermögen zwischen Produkt A und B							
<i>Streuungsursache</i>	<i>Quadratsummen (SS)</i>	<i>Freiheitsgrade (df)</i>	<i>Mittlere Quadratsumme (MS)</i>	<i>Prüfgröße (F)</i>	<i>P-Wert</i>	<i>kritischer F-Wert</i>	
Prüfer	29,3977273	43	0,68366808	0,4630392	0,99343029	1,66074374	
Prüfmuster A und B	0,01136364	1	0,01136364	0,00769644	0,93049909	4,06704732	
Zufallsfehler	63,4886364	43	1,47647992				
Gesamt	92,8977273	87					

Tabelle: Übersicht über Anzahl der Angaben über die Präferenz der Consumer zu einem Produkt

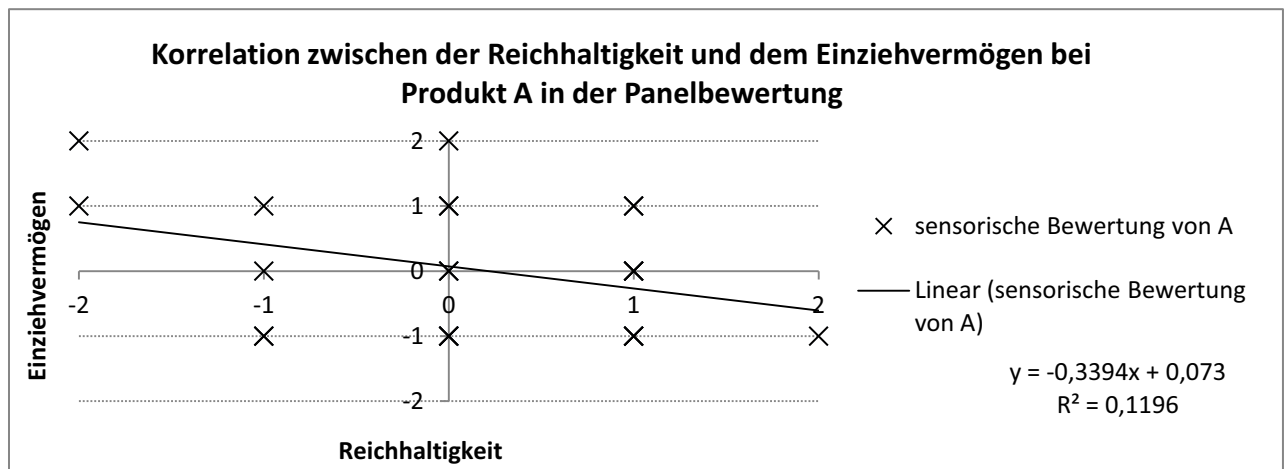
Präferenz	Produkt A (reichhaltiger/langsamer einziehend)	Produkt B (weniger reichhaltig/schneller einziehend)
Alle	22	22
„Trocken“ nach Sebumetermessung	9	13
„Fettig“ nach Sebumetermessung	13	9

Anlage 12: Korrelationsanalyse zwischen Reichhaltigkeit und Einziehvermögen

Korrelationsanalyse anhand der Daten sensorischer Bewertung im Sensorikpanel

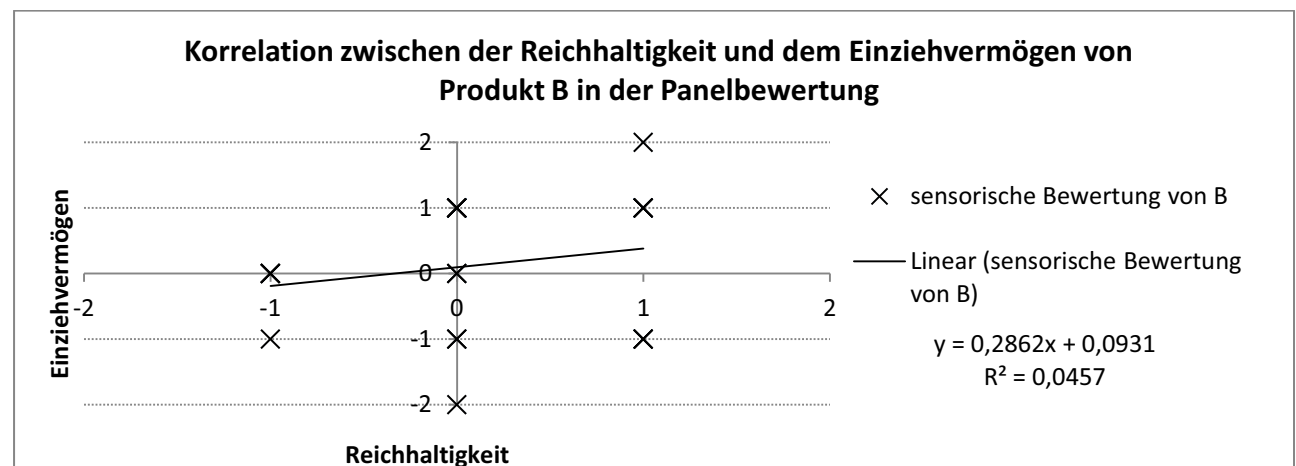
	Reichhaltigkeit Produkt A	Einziehvermögen Produkt A
Reichhaltigkeit Produkt A		1
Einziehvermögen Produkt A	-0,34578464	1

Regressions-Statistik Produkt A	
Multipler Korrelationskoeffizient	0,34578464
Bestimmtheitsmaß	0,11956702
Adjustiertes Bestimmtheitsmaß	0,07764164
Standardfehler	0,99945873
Beobachtungen	23



	Reichhaltigkeit B	Einziehvermögen B
Reichhaltigkeit B		1
Einziehvermögen B	0,213735874	1

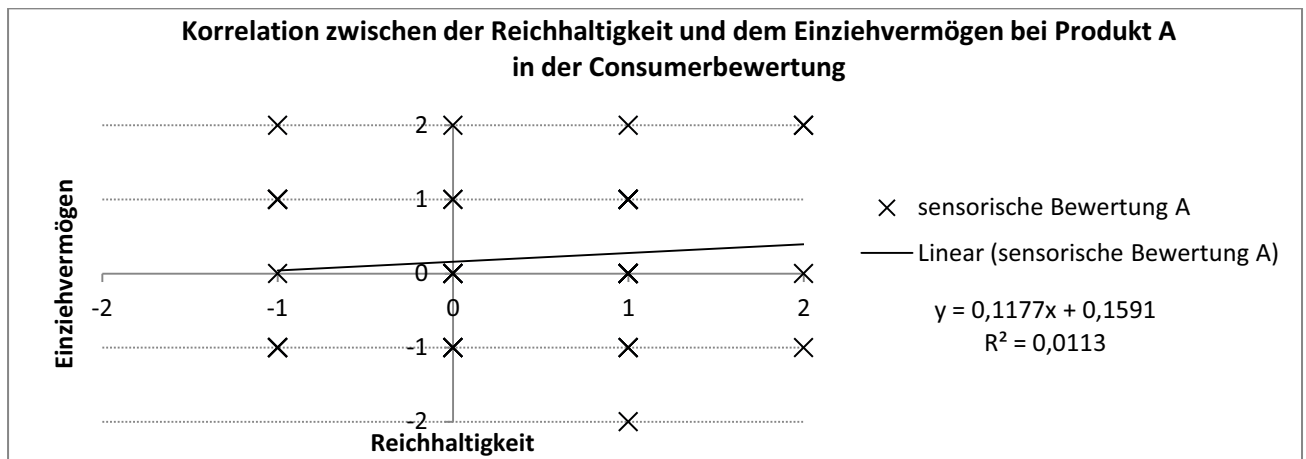
Regressions-Statistik	
Multipler Korrelationskoeffizient	0,213735874
Bestimmtheitsmaß	0,045683024
Adjustiertes Bestimmtheitsmaß	0,000239358
Standardfehler	0,756957957
Beobachtungen	23



Korrelationsanalyse anhand der Daten sensorischer Bewertung im Consumertest

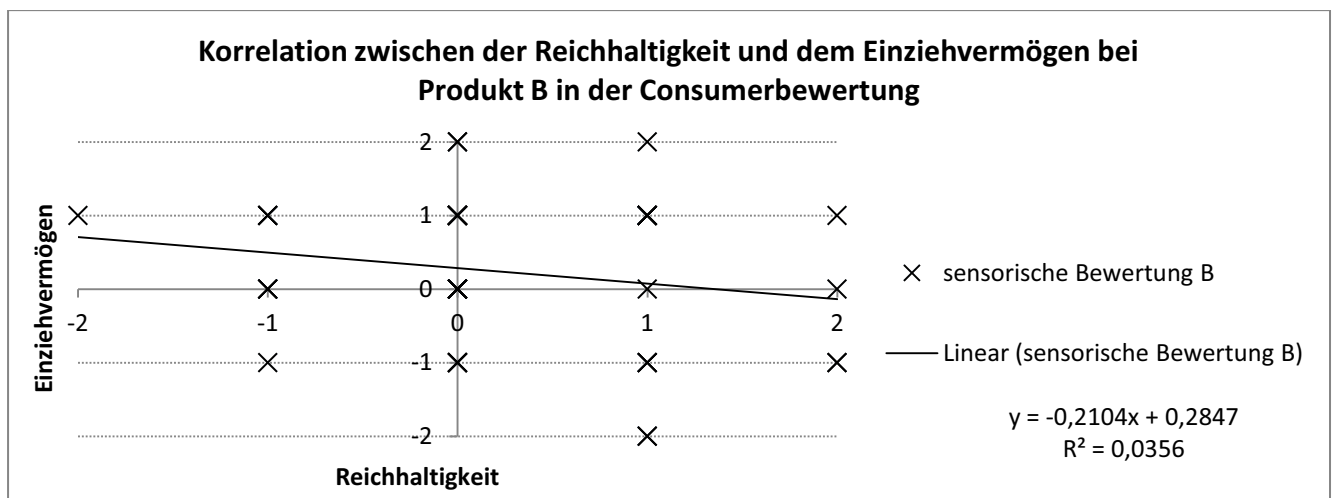
	Reichhaltigkeit A	Einziehvermögen A
Reichhaltigkeit A		1
Einziehvermögen A	0,106236125	1

Regressions-Statistik	
Multipler Korrelationskoeffizient	0,106236125
Bestimmtheitsmaß	0,011286114
Adjustiertes Bestimmtheitsmaß	-0,012254693
Standardfehler	1,053642752
Beobachtungen	44



	Reichhaltigkeit B	Einziehvermögen B
Reichhaltigkeit B		1
Einziehvermögen B	-0,188557691	1

Regressions-Statistik	
Multipler Korrelationskoeffizient	0,188557691
Bestimmtheitsmaß	0,035554003
Adjustiertes Bestimmtheitsmaß	0,012591003
Standardfehler	1,024712331
Beobachtungen	44



Anlage 13: Verwendete Formeln

Die Berechnungen wurden durchweg mit Excel 2007 durchgeführt, sodass die in den Excel-Tools hinterlegten Formeln zur Berechnung genutzt wurden.

Mittelwert: $\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$ n= Anzahl an Beobachtungen; x_i = Messwert; i= Index der Beobachtung

Standardabweichung: $s = \sqrt{\frac{\sum(x-\bar{x})^2}{(n-1)}}$

95%-Konfidenzintervall: 95% KI= $\bar{x} \pm t_{(\alpha=0,05; n-1)} * \frac{s}{\sqrt{n}}$

Median (50%-Quantil): $\tilde{x} = \frac{1}{2}(x_{(n/2)} + x_{(\frac{n}{2}+1)})$ für n gerade
 $\tilde{x} = x_{(\frac{n+1}{2})}$ für n ungerade

Oberes Quartil (75%-Quantil): $\tilde{x}_{0,75}$

Unteres Quartil (25%-Quantil): $\tilde{x}_{0,25}$

T-Test Teststatistik für abhängige Stichproben:

$t_{df} = \frac{\bar{x}_d}{\hat{\sigma}_{\bar{x}_d}}$ $\bar{x}_d = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n}$ df=n-1; n=Anzahl an Beobachtungen

$\hat{\sigma}_{\bar{x}_d} = \frac{\hat{\sigma}_d}{\sqrt{n}}$ $\hat{\sigma}_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (d_i - \bar{x}_d)^2}{n-1}}$ $d_i = x_{i1} - x_{i2}$; x_i = Wert der Beobachtung i

T-Test Teststatistik für unabhängige Stichproben:

$t_{df} = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\hat{\sigma}_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}}$ \bar{x}_i = Mittelwert der Stichprobe i

$\hat{\sigma}_i$ = geschätzte Varianz der Stichprobe i

$\hat{\sigma}_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = \sqrt{\frac{\hat{\sigma}_1^2}{n_1} + \frac{\hat{\sigma}_2^2}{n_2}}$ df= $n_1 + n_2 - 2$

Korrelationskoeffizient nach Bravais und Pearson: $r = \frac{\sum(x-\bar{x})(y-\bar{y})}{\sqrt{\sum(x-\bar{x})^2 \sum(y-\bar{y})^2}}$

Lineare Regressionsfunktion: $y = bx + a$

Bestimmtheitsmaß: $R = \left[\frac{\sum(x-\bar{x})(y-\bar{y})}{\sqrt{\sum(x-\bar{x})^2 \sum(y-\bar{y})^2}} \right]^2$

Anlage 14: Erklärung über die selbstständige Anfertigung der Arbeit

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