

PTS-FORSCHUNGSBERICHT IGF 21 EBR

OBJEKTIVE BEWERTUNG DER WEICHHEIT VON TISSUEERZEUGNISSEN
UND MÖGLICHKEITEN ZUR ERREICHUNG VORGEGEBENER WEICHHEITS-
ANFORDERUNGEN (SOTIPA)

Titel

Objektive Bewertung der Weichheit von Tissueerzeugnissen und Möglichkeiten zur Erreichung vorgegebener Weichheitsanforderungen (SOTIPA)

Objective assessment of softness of tissue papers and possibility to obtain given softness specifications (SOTIPA)

Irene Pollex, Katrin Kühnöl, Ina Greiffenberg

Beteiligte Forschungsstellen:

- Papiertechnische Stiftung - Institut für Zellstoff und Papier – PTS-IZP, Heidenau
- TU Dresden, Professur für Papiertechnik
- Paul Flechsig-Institut für Hirnforschung Leipzig (Universität Leipzig)
- CELABOR SCRL, Belgien
- Asociación de Investigación y Desarrollo en la Industria del Mueble y Afines, AIDIMA, Spanien

Inhalt

1	Zusammenfassung	2
2	Abstract	4
3	Einleitung und Stand der Technik	7
4	Zielstellung der Forschungsarbeiten und Gesamtmethodik	10
5	Forschungsergebnisse	14
5.1	Praktizierte Panel Test Verfahren	14
5.2	Parameter, welche die menschliche Wahrnehmung der Weichheit beeinflussen	16
5.3	Entwicklung eines neuen Standardpaneltests	17
5.4	Charakterisierung der Eigenschaft Weichheit auf Grundlage von messtechnisch bestimmten Eigenschaften und Entwicklung eines messenden Verfahrens zur Bewertung der Tissue-Weichheit	18
5.4.1	Messtechnische Charakterisierung	18
5.4.2	Entwicklung eines messenden Verfahrens zur Bewertung der Tissue-Weichheit	19
5.4.3	Validierung der entwickelten Testmethode auf Basis von Round Robin-Versuchen mit Papiertaschentüchern	23
5.4.4	Untersuchungen zur Übertragbarkeit der Testmethode auf andere Tissue-Produkte.....	25
5.5	Ausgewählte Einflussgrößen der Tissue-Herstellung und –verarbeitung auf die Weichheit	25
6	Nutzen und wirtschaftliche Bedeutung des Forschungsthemas	30

1 Zusammenfassung

Zielstellung Die Weichheit ist aus Sicht der Kunden und Endverbraucher einer der wichtigsten Qualitätsparameter von Hygieneerzeugnissen aus Tissue. Die Projektarbeiten verfolgten das Ziel, geeignete Verfahren für eine reproduzierbare Bewertung der Weichheit zu erarbeiten. Gleichzeitig dienten die Arbeiten:

- einem besseren Verständnis der Eigenschaft "Softness" als einer der grundlegenden menschlichen Empfindungen, detektiert durch Tastsinn und Psyche,
- der Vereinheitlichung existierender Panel-Test Verfahren,
- der Verbesserung der messtechnischen Bewertbarkeit ,
- der Ermittlung und Quantifizierung produktionstechnischer Einflussfaktoren.

Im Rahmen des Forschungsprojektes sollte eine einheitliche Paneltestmethode zur Bewertung der Weichheit von Hygienepapieren, speziell für Taschentücher, sowie eine messtechnische Methodik zur objektiven Unterscheidung dieser Materialien, basierend auf bekannten Prüfverfahren der Papierindustrie entwickelt werden.

Paneltest und Messverfahren sollten dabei in Anlehnung an die in großer Vielfalt in der Industrie existierenden, unterschiedlichen Paneltests und die darin durchgeführten Bewertungsvorgänge aufgebaut werden, um eine entsprechende Vergleichbarkeit der Ergebnisse zum derzeitigen Bewertungsmodus zu gewährleisten.

Ergebnisse Aufbauend auf einer Vielzahl messtechnischer und haptischer Untersuchungen konnte im Rahmen des Projektes sowohl ein vereinheitlichter Paneltest erarbeitet als auch eine messtechnische Methode gefunden werden, mit deren Hilfe eine reproduzierbare Bewertung der Weichheit von Taschentüchern aus Tissue möglich ist. Die Methodik wurde zur Standardisierung vorbereitet und im DIN Normenausschuss NA 074-02-05 AA „Prüfverfahren für Tissue-Papier und Tissue-Produkte“ vorgestellt.

Weiterhin wurde eine komplexe Methodik zur Bewertung der Weichheit entwickelt, die unter Einbeziehung unterschiedlicher messender Prüfverfahren mit Bezug zum üblichen Vorgehen bei der haptischen Bewertung von Tissue, eine akzeptable Abschätzung der Zielgröße Produktweichheit ermöglicht. Es wurden dabei folgende signifikanten Einflussgrößen ermittelt, die mit Hilfe eines neuronalen Modellansatzes eine mathematische Abschätzung der Weichheit ermöglichen: Zugfestigkeit, Arbeitsaufnahmevermögen (TEA), E-Modul (aus Biegesteifigkeit Cantilever-Methode), Rauheit (GFM Mikro CAD-Methode), Ungleichmäßigkeit (optische Methode), FOGRA Kontaktanteil sowie die Messergebnisse des Tissue-Softness-Analyzers.

Anhand umfangreicher Untersuchungen konnte darüber hinaus die Eignung des emtec Tissue-Softness - Analyzers zur Bewertung der Weichheit von Taschentüchern aus Tissue nachgewiesen werden. Dieses erst seit einiger Zeit am Markt verfügbare Gerät realisiert über ein komplexes System aus mechanischer und schwingungstechnischer Belastung des Materials eine reproduzierbare messtechnische Bewertung von Tissue und widerspiegelt im Wesentlichen auch die im Rahmen des Projektes als relevant ermittelten Messgrößen.

**Schluss-
folgerung**

Die Arbeitsergebnisse ermöglichen Tissue-Herstellern, Händlern und Anwendern die Produkte nach einer einheitlichen Methodik vergleichbar zu bewerten. Hierbei stehen nach Projektabschluss sowohl ein Paneltestverfahren, das die subjektiven Bewertungskriterien der Weichheit berücksichtigt, sowie zwei objektive Messverfahren, die verschiedene, für die Weichheit signifikante physikalische Materialeigenschaften berücksichtigen, zur Verfügung.

Es konnte gezeigt werden, dass sowohl die Methode des Paneltests als auch die messenden Bewertungsmethoden bezüglich der Weichheitsbewertung von Taschentüchern aus Tissue vergleichbare Ergebnisse liefern, so dass alle Methoden gleichberechtigt einsetzbar sind.

Die beteiligten Forschungsstellen verfügen durch die ausgeführten Arbeiten nunmehr über genügend Erfahrungen, um der Industrie in Form von Dienstleistungen eine unabhängige Bewertung von Tissue-Materialien anzubieten. Die Paneltest-Methode ist soweit ausgearbeitet, dass damit die Grundlagen für einen Normungsvorschlag vorliegen. Mit dem Tissue – Softness – Analyzer (TSA) steht zudem ein für die Weichheitsbewertung von Tissue-Materialien geeignetes komplexes Messgerät zur Verfügung, das reproduzierbare Messergebnisse liefert und von der Industrie verwendbar ist.

Mit den im Projekt erarbeiteten Ergebnissen zu den wichtigsten herstellungs- und verarbeitungsseitigen Einflussgrößen auf die Weichheit können Hersteller und Weiterverarbeiter diese bewusst für die Produktentwicklung und haptisch attraktive Erzeugnisse nutzen.

**Zielerrei-
chung**

Das Ziel des Vorhabens wurde erreicht.

Danksagung

Das Forschungsvorhaben IGF 21 EBR der AiF-Forschungsvereinigung PTS wurde im Programm zur Förderung der „Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF)“ vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie über die AiF finanziert. Dafür sei an dieser Stelle herzlich gedankt.

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Technologie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Unser Dank gilt außerdem den beteiligten Firmen der Tissue- und Zulieferindustrie sowie Messtechnikbranche für die Unterstützung der Arbeiten.

2 Abstract

Objective

From the customer's and end user's point of view, softness is one of the key quality parameters of sanitary tissue paper products. Aim of the project work was to develop suitable, reproducible procedures for softness evaluation. More specifically, the project was intended to:

- create a better understanding of "softness", one of the basic sensory perceptions of humans that is determined by a person's mental disposition and sense of touch (Better understanding of the property "softness" and its human perception),
- standardize existing panel test procedures (Standardization of existing (industrial) panel tests),
- improve the metrological evaluation of softness (Improvement of the metrological assessment),
- identify and quantify production-related influences on tissue softness (Investigation and quantification of production-based factors of influence).

The research project was intended to lead to a standard panel test procedure for the softness evaluation of sanitary papers (especially handkerchiefs) as well as to a measuring method that can be used to objectively distinguish between these materials, based on test methods already available in the paper industry.

Panel test and measuring procedure were to be based on the broad variety of panel tests available in the industry and on the evaluation procedures included in them, to ensure the comparability of results with current evaluation methods.

Results

Based on a great number of metrological and haptic investigations, a standard panel test was elaborated and a measuring procedure was identified which enable reproducible softness evaluations of tissue paper handkerchiefs. The procedure was prepared for standardization and presented to the DIN Technical Committee NA 074-02-05 AA "Test methods for tissue paper and tissue products".

Moreover, a complex softness evaluation procedure was developed that uses different measuring methods, is related to the conventional haptic evaluation method for tissue paper and provides satisfactory estimates of the target parameter product softness. The following parameters were found to have a significant influence and incorporated in a neuronal model to mathematically estimate the softness of tissue products: tensile strength, tensile energy absorption (TEA), elastic modulus (via the bending stiffness determined by the cantilever method), roughness (GFM Mikro CAD method), unevenness (optical method), FOGRA contact area as well as measurements of the Tissue Softness Analyzer.

The suitability of the Emtec Tissue Softness Analyzer for the softness evaluation of paper handkerchiefs could be proved by extensive investigations. The device - which has only recently been available on the market - uses a complex system of mechanical and vibratory/dynamic stresses to reproducibly measure

and evaluate tissue materials, covering most of the measured values found to be relevant in the project.

Conclusions

The project results will enable tissue producers, traders and users to comparably evaluate tissue products by means of a standard procedure. The project has led to a panel test procedure for softness evaluation that includes subjective criteria, as well as to two objective measuring methods that take into account various physical properties found to be significant for the softness of tissue materials.

It could be demonstrated that the panel test procedure and metrological evaluation methods provide comparable evaluation results for the softness of tissue paper handkerchiefs, meaning that all these methods are equally suitable and applicable for softness evaluation.

The participating research institutes have gained enough experience from the project work to offer independent tissue material evaluations as a service to the industry. The developed panel test procedure can be proposed for standardization.

The Tissue Softness Analyzer is a complex device suitable for evaluating the softness of tissue materials – it provides reproducible results and can readily be used in the industry.

The identified influences of major production and converting factors on softness can be used by manufacturers and converters to systematically develop haptically attractive products.

Achievement of project aim

The project aim has been achieved.

Acknowledgement The research project IGF 21 EBR of the research associations PTS, Paper Technology Chair of TU Dresden, Celabor and AIDIMA was funded by the German Federal Ministry of Economics and Technology BMWi within the programme of promoting “pre-competitive joint research (IGF)” and carried out under the umbrella of the German Federation of Industrial Co-operative Research Associations (AiF). We would like to express our sincere thanks for this support.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

We would also like to thank the involved companies of the tissue, supply and metrology sectors for supporting the project work.

3 Einleitung und Stand der Technik

"If touch is not a single sense, but rather a multiple sense, then its objects are also a multitude". Auf diese Weise beschrieb Aristoteles [1] den Tastsinn als ein sehr komplexes Objekt der sinnlichen Wahrnehmung. Die Bedeutung der Informationen, die der Mensch durch Fühlen und Berühren erhält, wurde lange völlig unterschätzt. Anders als die Sinne Sehen, Hören und Riechen, wurde der Tastsinn fälschlicherweise als "niederer Sinn" angesehen.

Moderne Haptik-Labors untersuchen schon seit geraumer Zeit, wie Menschen ihren Tastsinn benutzen und sie versuchen, diese taktile Eigenschaft zu erklären und "haptische Fingerabdrücke" zur objektiven Charakterisierung des subjektiven Eindrucks der Oberflächenrauheit/-weichheit messbar zu machen.

Die Bedeutung derartiger Forschungsarbeiten und deren technische Umsetzung schafft ein Potential, das bisher für die papierherstellende und -verarbeitende Industrie und deren Kunden in dieser Form nicht verfügbar war, das aber nicht nur für hochwertige Spezialpapiere und Pappen sondern auch für Massenartikel wie Taschentücher, Toilettenpapier, Windeln etc. ein wichtiges Merkmal ist.

Weichheit von Tissue Papieren

Die Weichheit oder Härte wird in der Papierprüfung üblicherweise durch die Bestimmung spezifischer mechanischer und elastischer Eigenschaften von Materialien, die dann auch von definierten physikalischen Messverfahren beschrieben werden können, charakterisiert. Diese stellen jedoch mehr oder weniger alle eindimensionalen Bewertungskriterien dar, die das Gefühl eines weichen Tissues nicht angemessen beschreiben. Dieses komplexe Gefühl der Weichheit lässt sich auf drei verschiedene Ursachen zurückführen:

- die physiologische und psychologische Wahrnehmung und Bewertung von Weichheit,
- die komplexe und inhomogene Struktur von Tissue-Produkten und
- die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten der verschiedenen Tissue-Papiere.

Die physiologische und psychologische Wahrnehmung und Bewertung von Weichheit

Taktile Eigenschaften überwiegen in der physiologischen und psychologischen Wahrnehmung der Weichheit. Sehen und Hören spielen dabei eine untergeordnete, wenn auch nicht völlig unbedeutende Rolle. Ausgangspunkte für die taktil-haptischen Informationen und die Verarbeitung solcher Informationen in menschlichen somatosensorischen Systemen sind verschiedene Klassen von Rezeptoren in der Haut (neuromuskuläre und neurotendinöse Spindel-Golgi-Sehnen-Rezeptoren). Eine Schlüsselrolle spielen sensible Nervenenden, die auf mechanische Ereignisse spezialisiert sind und daher als Mechanorezeptoren und Mechanosensoren bezeichnet werden. Sie werden in verschiedene Typen je nach Standort, histologischem Aussehen, Struktur und physiologischen Eigenschaften unterschieden und verursachen eine menschliche Empfindung. Diese Rezeptoren bilden die peripheren Ränder der Nervenzellen im Rückenmark und Gehirn. Die Empfindlichkeit, die spürbar wird, variiert in Abhängigkeit von der Dichte der Mechanorezeptoren und variiert daher über den Körper in Abhängigkeit von der jeweiligen Region. Zunge, Lippen und Fingerspitzen sind zum Beispiel besonders empfindlich. Die menschliche Fingerspitze ist in einigen Fällen fähig, Unterschiede in der Oberflächenstruktur von 4 Mykro zu fühlen. [2,3]

In [2] wird beschrieben, dass diese Mechanorezeptoren die folgenden Informationen abholen und an das zentrale Nervensystem leiten:

- die Lokalisierung und die Stärke der mechanischen Reize auf der Haut,
- die Krümmung der Gegenstände bei Berührung mit der Hand,
- die Struktur und die Art der Gegenstände bei Berührung mit der Hand,
- die tangentielle Geschwindigkeit der Bewegungsreize.

Haptische Empfindungen variieren von Person zu Person. Alter, Geschlecht und haptische "Bildung" in der Kindheit oder berufliche Einflüsse prägen die menschliche Wahrnehmung. Ebenso gewöhnen sich Haut, Durchblutung und Temperatur an wiederholtes Abtasten des gleichen Objekts.

Die komplexe und inhomogene Struktur von Tissue-Produkten

Die Weichheit von Tissue-Produkten ist weitestgehend auf den Produktionsprozess zurückzuführen, wobei die nachfolgend dargestellten drei Einflussbereiche unterschieden werden können:

- eingesetzter Faserstoff,
- spezifische Aspekte des Herstellungsprozesses,
- Verarbeitung des fertigen Produktes.

Die Veränderung spezieller Bedingungen innerhalb der drei Einflussbereiche können einerseits die Oberflächeneigenschaften oder andererseits die Volumeneigenschaften eines Tissue-Produktes maßgeblich verändern. Aus diesem Grund werden Tissue-Produkte in zwei Kategorien unterteilt:

- Produkte, von denen eine Volumenweichheit erwartet wird sowie
- Produkte, bei denen die Oberflächenweichheit Priorität hat.

Die Wahrnehmung der Weichheit von Tissueprodukten ist weitgehend abhängig vom Einsatzbereich des jeweiligen Produktes. Im Falle von Papiertaschentüchern und Toilettenpapieren ist die Weichheit ein viel wichtigeres, qualitätsorientierteres und entscheidenderes Kriterium, als im Fall von Küchentüchern oder Servietten.

Neben den physiologischen Wahrnehmungen spielen auch psychologische Aspekte in diesem Zusammenhang eine wichtige Rolle. Bei der Verwendung von Taschentüchern und Toilettenpapieren kommt es, durch Reiben oder Wischen, zum Hautkontakt. Dies erklärt auch, warum Oberflächeneigenschaften primäre Faktoren in der Produktentwicklung und –wahrnehmung sind, während das Zerknüllen und Verformen des Papiers eine untergeordnete, wenn auch keineswegs vernachlässigbare Rolle spielen. [3]

Zusammenfassend erweist sich die Weichheit von Tissue-Produkten als eine sehr komplex Eigenschaft, die sich aus verschiedenen physikalischen Eigenschaften, physiologischen und psychologischen Wahrnehmungen und der jeweiligen Verwendung des Produkts zusammensetzt.

Aktuelle Methoden zur Bewertung und Messung der Weichheit von Tissueprodukten

Die Messung der Weichheit von Tissueprodukten spielt eine Schlüsselrolle in der Qualitätssicherung. Aufgrund der Komplexität dieser Aufgabe gibt es bis heute trotz zahlreicher Versuche, keine Einigung, standardisierte Bewertungsmethoden für die Beurteilung der Weichheit von Tissue-Produkten zu definieren. Je nach Endprodukt, Größe des Unternehmens und der verfügbaren Mess- und Prüfgeräte, wird Weichheit noch durch mehr oder weniger umfangreiche Paneltests und durch messtechnische Charakterisierung einer oder mehrerer produktrelevanter physikalischer Papiereigenschaften überwacht.

Paneltest

Ein Panel-Test ist eine spezielle Form einer Längsschnittstudie, d.h. eine Studie die einen Überblick über die gleichen Variablen (z. B. Oberflächenweichheit) gibt und die immer wieder zu unterschiedlichen Zeiten mit den gleichen Objekten (z.B. Taschentüchern) durchgeführt wird. [4,5]

Paneltests sind am meisten verbreitet in Umfragen und Abstimmungen zur Meinungsforschung. Aber es gibt auch zahlreiche Paneltests, die als zulässige Prüfverfahren für sensorische Tests für Eigenschaften wie Geruch, Geschmack und dergleichen eingesetzt werden.

Derartige Panel existieren auch für die Auswertung der Weichheit von Tissue-Produkten. Bisher wurden solche Panel nur auf einer konzerninternen Basis organisiert und können daher nicht oder nur in begrenztem Umfang bezüglich des Aufbaus und der Definition des Testablaufs verglichen werden. In der Regel sind diese Panel darauf ausgerichtet, die eigene Produktpalette zu bewerten. Die zu untersuchenden Proben sind in der Regel anonym. Intern ausgebildete Mitarbeiter des Unternehmens testen das Muster nach einem bestimmten Vorgehen und bewerten diese.

Da es bisher keine einheitlichen Richtlinien bezüglich des Aufbaus und der Definition von Test-Routinen für die Beurteilung der Weichheit von Tissue-Produkten auf Basis von Paneltests gibt, können die Ergebnisse, die mit verschiedenen Werkstandards ermittelt wurden, nicht oder nur in sehr begrenztem Umfang miteinander verglichen werden. Darüber hinaus sind diese Tests nur für bestimmte Produktgruppen (Papiertaschentücher, Toilettenpapier, usw.) anwendbar.

Möglichkeiten der messtechnischen Bewertung der Weichheit

Seit mehreren Jahren hat es immer wieder Bemühungen gegeben, ein geeignetes objektives Messsystem für die Bestimmung der Weichheit bzw. von Parametern, die mit der Weichheit korrelieren, zu entwickeln.

Unterschieden wird in Methoden, bei denen mittels einzelner Verfahren eine direkte Messung von Einzelparametern erfolgt, z.B. über spezielle Steifigkeits- oder Kraftmessungen, denen eine Aussagekraft bezüglich Weichheit zugeschrieben wird und in kombinierte Methoden, bei denen einzelne messtechnisch bestimmte Größen, aus z.T. sehr komplexen Messungen mathematisch miteinander verknüpft werden. [3; 6; 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14] In manchen Fällen müssen nicht weniger als 16 Eigenschaften gemessen werden, um eine allumfassende weichheitsbezogene Auswertung durchzuführen.

Für vergleichende Weichheitsbewertungen, wie sie z. B. für Benchmarks benötigt werden, haben sich bis heute keine Messverfahren als umfänglich geeignet erwiesen. Im Gegensatz zu den Panels, wird die Komplexität des Bewertungsvorganges mit den bestehenden Messverfahren bislang nur ungenügend nachgebildet. Firmeninterne Paneltests wurden als Alternative zu diesen umständlichen Bewertungen angesehen, zumal die durch Paneltests erreichte Materialdifferenzierung meist deutlich reproduzierbarer war als die messtechnische.

Erste positive Ergebnisse bei der Bewertung von Rohwatte wurden mit dem EMTEC TSA Gerät erzielt. Dieses Messgerät basiert auf einer kombinierten Messung von Volumen- und Oberflächenkennwerten [15], das Gerät befand sich mit Projektbeginn allerdings noch im Entwicklungsstadium.

Bis heute gibt es jedoch kein einheitliches und international anerkanntes Messsystem für die Weichheit von Tissue, obwohl vom Normungsgremium CEN TC 172/WG 8 „Test method & Terminology for soft tissue products“ die Weichheit neben Festigkeit und Saugfähigkeit als wesentliche kundenrelevante Eigenschaft benannt wird. [16] Gleiches gilt für einen standardisierten Paneltest.

4 Zielstellung der Forschungsarbeiten und Gesamtmethodik

Abgeleitet aus dem dargestellten Stand der Technik ergab sich für das vorliegende Forschungsvorhaben das Ziel, ein geeignetes praxistaugliches System zur Bewertung der Tissueweichheit zu entwickeln, dass der Industrie eine sichere Einschätzung der Produktqualität ermöglicht.

Da es sich bei der Weichheit um eine Größe handelt, die sich zunächst der einfachen messtechnischen Bewertung wegen ihrer Interaktion der Sensorik mit menschlichen Empfindungen und Erwartungshaltungen und der unterschiedlichen Empfindsamkeit der menschlichen Rezeptoren entzieht, müssen diese Aspekte zunächst bei der Methodenentwicklung des Paneltests, der die eigentliche Zielgröße der späteren messtechnischen Bestimmung ist, einfließen.

Das Messverfahren selbst sollte dabei in Anlehnung an die in den industriellen Paneltests durchgeführten Mess- und Bewertungsvorgänge aufgebaut werden und den Einfluss verschiedener als relevant erkannter Parameter berücksichtigen (siehe Abbildung 4-1).

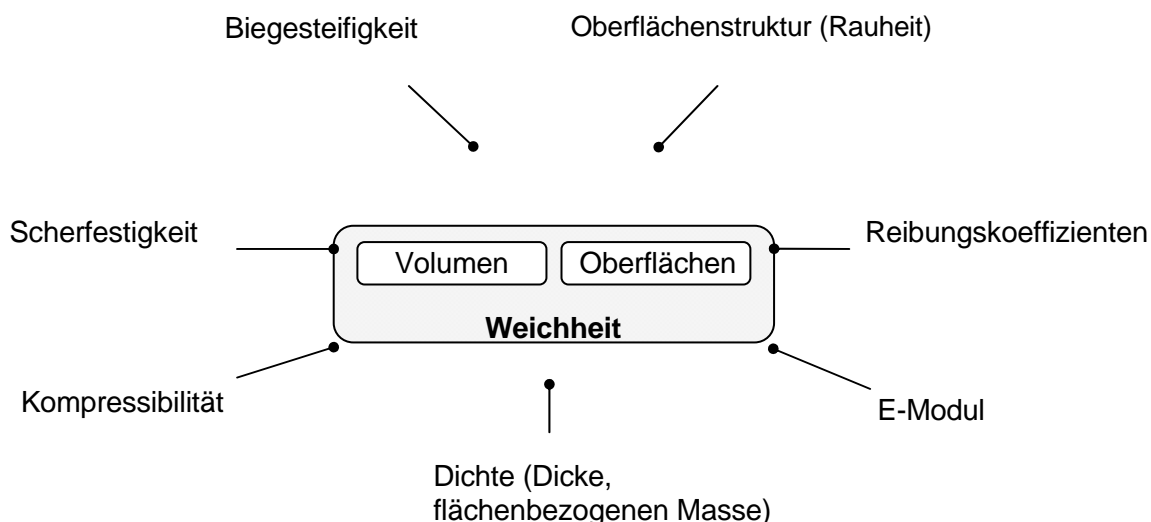


Abbildung 4-1: Einflussparameter auf das Weichheitsempfinden

Die Projektarbeiten konzentrierten sich vorrangig auf die Weichheitsbewertung bei Tissue und die Schaffung einheitlicher Bewertungsverfahren sowie die Untersuchung ausgewählter Einflussfaktoren. Die Bearbeitung war in folgende wichtige Arbeitspakete gegliedert:

Erfassung und Systematisierung der derzeit angewendeten Paneltestverfahren

Derzeit angewandte Paneltests zur Weichheitsbewertung von Tissue wurden durch Umfragen und im direkten Kontakt mit den Firmen erfasst und in einzelne grundlegende Paneltestverfahren systematisiert. Im Ergebnis wurden die vorrangigen Bewertungsarten/-belastungen herausgearbeitet sowie die erforderlichen Abstufungsgrade festgelegt. Die Analyse erstreckte sich dabei auf die zwei wichtigsten Hauptgruppen der Tissue - Produkte, Taschentücher und Toilettenpapiere.

Durchführung von Paneltests

Es wurde eine Auswahl geeigneter Mustermaterialien aus den Erzeugnisgruppen Papiertaschentücher und Toilettenpapier beschafft sowie begleitend zur Musternahme die Erfassung produkt- und herstellungsrelevanter Daten durchgeführt. Durch Erzeuger- und Weiterverarbeitungsfirmen wurden Paneltests nach dem jeweiligen Werksstandard an Papiertaschentuchmustern durchgeführt. Aus den Ergebnissen wurden Anforderungen an die Entwicklung eines Standardpaneltests abgeleitet.

Analyse der Parameter, welche die menschliche Wahrnehmung der Weichheit beeinflussen

Das Haptiklabor Leipzig systematisierte die Grundlagen zum taktilen Weichheitsempfinden der menschlichen Hand unter Nutzung biomedizinischer Erkenntnisse und analysierte die Möglichkeiten, mittels messtechnischer Einrichtungen taktile Empfindungen zu beschreiben. Basierend auf diesen Arbeiten wurden die Randbedingungen für aussagekräftige Paneltests erarbeitet.

Entwicklung eines einheitlichen Paneltests

Auf Basis der systematisierten Werkstandards wurde unter Berücksichtigung moderner psychologischer Erfahrungen bei der Bildung des Panels und Durchführung der Tests eine neue Testmethodik zur Weichheitsbewertung bei Tissuetaschentüchern entwickelt.

Durch die Projekt- und Industriepartner erfolgte eine Bewertung aller Papiertaschentücher nach diesem Verfahren. Weiterhin wurde die Korrelation der Ergebnisse des neuen Verfahrens zu den Ergebnissen nach den einzelnen Werkverfahren untersucht.

Konzeption eines Bewertungssystems für die Weichheit und messtechnische Charakterisierung

Es erfolgte ein Screening verfügbarer Messtechniken für die Parameterbestimmung unter Berücksichtigung von Grundeigenschaften, Gesamtprodukt- und Oberflächenweichheit. Dabei wurden insbesondere Verfahren berücksichtigt, die die Simulation von taktilen Beanspruchungen widerspiegeln, über gute Messgenauigkeit und Reproduzierbarkeit verfügen, einen angemessenen Messaufwand und akzeptable Gerätekosten aufweisen. Auf Basis dieser Arbeiten erfolgte eine umfassende messtechnische Charakterisierung.

Entwicklung eines messenden Verfahrens zur Bewertung der Tissue-Weichheit und Validierung der Testmethode

Es erfolgte die Erarbeitung einer Testmethode auf der Basis der messtechnisch ermittelten Parameter unter Berücksichtigung der Paneltestergebnisse für Papiertaschentücher. Dabei wurden sowohl statistische Auswertungsmethoden als auch neuronale Netzwerkmethoden angewandt.

Die erarbeitete Prozedur galt es schließlich hinsichtlich Ihrer Aussagekraft zu validieren und zu bestätigen. Dabei fanden die Handhabbarkeit der Methodik und Wirtschaftlichkeit des Arbeitsaufwandes für die Durchführung der Prüfung gleichsam Berücksichtigung.

Untersuchungen zur Übertragbarkeit der Testmethode auf andere Tissue-Produkte

Am Beispiel von Toilettenpapieren wurde die Möglichkeit einer Methodenapplikation auf andere Tissue - Erzeugnisse geprüft. Dabei wurden sowohl der Paneltest als auch die messenden Methoden berücksichtigt.

Untersuchung ausgewählter Einflussgrößen der Tissue-Herstellung und –verarbeitung auf die Weichheit

Mit der Musterauswahl und –bereitstellung wurde eine Erhebung zugehöriger Daten zu relevanter Erzeugungs- und Weiterverarbeitungsbedingungen vorgenommen. Diese wurden durch die gezielte Auswertung der Messdaten ergänzt und hinsichtlich Einflüssen wie Faserstoffzusammensetzung, Faserlängen etc. analysiert.

Analog wurde zu den verarbeitungsseitigen Einflussfaktoren vorgegangen, die allerdings in Zusammenarbeit mit der Industrie durch Untersuchungsreihen an industriell gefertigten Materialien bezüglich der Verarbeitungsprozesse Bedruckung und Prägung ergänzt wurden.

Material und Methoden

Für die Entwicklungsarbeiten des Projektes wurden von verschiedenen Herstellern in ganz Europa 30 unterschiedliche Fertigungen von Papiertaschentüchern und 15 Toilettenpapieren, jeweils in größeren Mengen, beschafft. Zusätzlich wurden 6 bedruckte Papiertaschentücher, inklusive dem unbedruckten Ausgangsmaterial, sowie 5 bedruckte Toilettenpapiere, ebenfalls inklusive Ausgangsmaterialien, beschafft. Weiterhin wurden für den Paneltest bewährte Vergleichsmuster von der Industrie zur Verfügung gestellt.

Die Materialien wurden hauptsächlich von Firmen des industriellen projektbegleitenden Ausschusses geliefert.

Methoden und Geräte

Neben den gängigen konventionellen Messverfahren wurden zur Charakterisierung der Mustermaterialien eine Vielzahl neuer, noch nicht standardisierter Verfahren verwendet, da absehbar war, dass die ausschließliche Konzentration auf Standardmessverfahren für die Findung einer geeigneten, komplexen Methode zur Weichheitsbewertung unzureichend sein würde.

Die Rauheit wurde mit dem flächenhaft messenden, optischen 3D-Messgerät GFM MicroCAD gemessen, welches auf der Mikrostreifenprojektion basiert.

Für den Ungleichmäßigkeitsindex wurden zunächst mit einer CCD-Zeilenkamera mit 2048 Pixeln Bilder unter einem Winkel von 45 ° aufgenommen, die mit einem Zeilenlicht unter 45 ° beleuchtet wurden. Anschließend erfolgte eine Auswertung mit der Methode des Powerspektrums des Bildanalyse-systems DOMAS.

Die Bestimmung der Porengröße erfolgte mittels des Durchströmungsporosimeters TOPAS PSM 165. Das Prinzip des Verfahrens beruht auf der Verdrängung eines Testfluids aus den Poren durch Druckluft.

Die Bestimmung der Biegesteifigkeit erfolgte mit einem speziellen Biegesteifigkeitsmessgerät, welches für Untersuchungen an besonders dünnen Materialien entwickelt wurde. Das Messprinzip beruht darauf, dass ein Papierstreifen definierter Länge über die Kante eines Messtisches geschoben wird. Der überhängende Streifenteil biegt sich unter seinem Eigengewicht und durchbricht die imaginäre Linie zwischen Laserstrahlendetektor und Photodioden bei einem Biegewinkel von 20° oder 40°. In diesem Moment wird die Länge des überhängenden Streifens registriert und mittels dieser Information die Biegesteifigkeit des Materials berechnet.

Zudem wurden folgende neuere Messgeräte wurden im Rahmen der Untersuchungen zur Bewertung der Weichheit verwendet:

- EMTEC TSA (Tissue Softness Analyzer),
- Friction-Peel-Tester (Reibungsversuche unter unterschiedlichen Belastungen der Muster),
- Tribometer (spezielle Reibungs- und Kompressibilitätsmessungen).

5 Forschungsergebnisse

5.1 Praktizierte Panel Test Verfahren

Erfassung und Systematisierung

Ausgangspunkt der Arbeiten war die Erfassung und Systematisierung der verschiedenen in Tissue-Herstellerfirmen angewendeten Verfahren zur Bestimmung der Produktweichheit.

Dazu wurden in Umfragen in insgesamt sieben europäischen Ländern sowohl Hersteller als auch Verarbeiter und Händler zu Fragen der Produktweichheit von Tissue und den eingesetzten Bewertungsverfahren befragt. Neben ausgewählten Basisinformationen zur Weichheitsproblematik bei Toilettenpapier, Papiertaschentüchern, Küchenpapier und Servietten, erfolgte auch eine Analyse und Systematisierung der verschiedenen Paneltest-Verfahren.

Die Umfrage zeigte eindeutig, dass die Weichheit die wichtigste Eigenschaft dieser Produkte ist. Dabei werden mit dem Begriff der Weichheit Eigenschaften wie Rauheit, Dicke und Reibungskoeffizienten assoziiert. Hinsichtlich der Bewertung der Weichheit wenden nahezu alle Befragten subjektive Bewertungsmethoden wie Panel Tests oder paarweise Vergleiche an bzw. erfolgt die Beurteilung anhand der vorhandenen Erfahrungen.

Mit Unterstützung der Industriepartner konnten 4 verschiedene Panel-Testmethoden analysiert werden. Die Verfahren unterschieden sich hinsichtlich:

- der Anzahl der Testpersonen, Zusammensetzung der Testpersonengruppe (männlich, weiblich, Alter, Arbeitsbereiche),
- der Probenvorbereitung und Präsentation (Klima, Zuschnitt etc.),
- der Art der Bewertung (Test mit/ohne Beschreibung der Vorgehensweise bzw. Beurteilungskriterien),
- der Verwendung von Vergleichsmustern/Referenzstandards (Anzahl),
- der Testauswertung (Art der Mittelwertbildung, unterschiedliche Bewertungsskalen mit voneinander abweichenden Abstufungen).

Die beiden detailliertesten Grundverfahren sind in ihrem prinzipiellen Ablauf ähnlich und nachfolgend in einem Schema dargestellt.

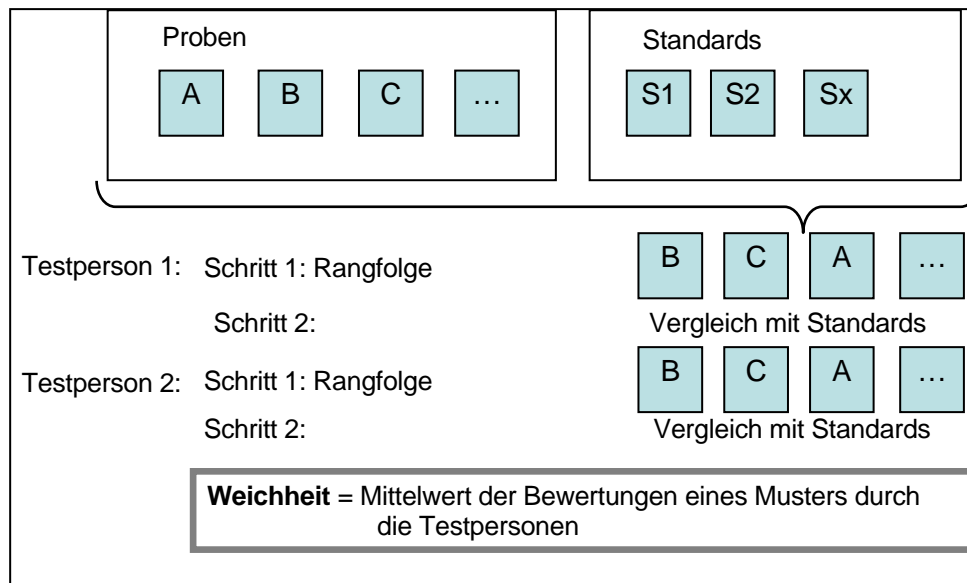


Abbildung 5-1: Schematische Darstellung eines Tissue-Hersteller spezifischen Paneltests

Durchführung und Bewertung derzeitiger Paneltests

Im Weiteren erfolgte die Untersuchung der einzelnen Methoden der Paneltests in Kooperation mit den Herstellern und die Erfassung wichtiger ausgewählter Produkt- und Herstellungsdaten. Die Ergebnisse der Paneltests incl. deren detaillierten Auswertung dienten der späteren Ableitung von Anforderungen an die Entwicklung eines Standard-Paneltests und sollten auch die spätere Vergleichbarkeit der unterschiedlichen Testverfahren absichern.

Anhand einer Auswahl von 30 Mustern unterschiedlicher Taschentuchproduktionen wurden eigene Paneltests nach dem Vorgehen der Industrie ausgeführt, um Vor- und Nachteile der einzelnen Verfahren zu testen und darauf aufbauend eine geeignete allgemein verwendbare Prozedur zu erarbeiten, die zugleich als Maßstab für eine messende Weichheitseinstufung von Tissueprodukten geeignet erscheint.

Bei den Paneltests wurde auf unterschiedliche Qualitäten der Taschentücher geachtet: Hierzu erfolgte eine Klassifizierung in 3 unterschiedliche Qualitäten - hart, mittel, weich. Die Taschentücher sollten vorzugsweise keine Lotion sowie kein Aroma enthalten und nicht gefärbt sein. Die Anzahl der Lagen wurde mit vorzugsweise 4 festgelegt.

Die Durchführung von Paneltests wurde nach den jeweiligen werksinternen Bewertungsverfahren durch Erzeuger- und Weiterverarbeitungsfirmen in Form eines Ringversuches realisiert.

Es hat sich gezeigt, dass die Bewertungen der Taschentücher nach firmeninternen Paneltestverfahren nur im Bereich der „harten“ Testmuster eine gute Übereinstimmung aufwiesen. Darin zeigt sich, dass eine Vereinheitlichung der Bewertungsprozedur unerlässlich ist. Bei der Analyse der firmeninternen Bewertungsverfahren wurde zudem festgestellt, dass der Paneltest für die Testpersonen mit zunehmender Anzahl an Vergleichsstandards komplizierter wurde. Hieraus sowie aus den einzelnen Testverfahren in den Firmen resultierten Festlegungen für den neu zu entwickelnden Paneltest hinsichtlich:

- Anzahl der Vergleichsstandards,

- Anzahl der Abstufungen,
- klimatischer Vorbehandlung und Prüfklima,
- Probenvorbereitung und
- Handling beim Paneltest.

Auch für die Wettbewerbssituation der vorrangig klein- und mittelständischen Tissue-Hersteller und -Verarbeiter ist die Einführung eines einheitlichen Bewertungsverfahrens von Bedeutung, um gleiche Voraussetzungen für alle Hersteller zu schaffen. Der auf dieser Basis entwickelte Standard - Paneltest (nachfolgend auch Sotipa-Test genannt) wird im Abschnitt 5.3 beschrieben.

5.2 Parameter, welche die menschliche Wahrnehmung der Weichheit beeinflussen

Ziel der Arbeiten war die Analyse von Parametern, die die menschliche Wahrnehmung der Weichheit beeinflussen, sowie darauf aufbauend psychologisch wichtige Randbedingungen für die Durchführung von Paneltests zu definieren, die für die Entwicklung des Standard-Paneltests zu berücksichtigen sind.

Dazu erfolgten Grundlagenbetrachtungen zum taktilen Weichheitsempfinden der menschlichen Hand unter Nutzung biomedizinischer Erkenntnisse. Es wurden die Möglichkeiten, mittels messtechnischer Einrichtungen taktile Empfindungen zu beschreiben, analysiert sowie die Erfahrungen aus der Durchführung von vergleichbaren subjektiven haptischen Bewertungstests aus Sicht der Psychologen und Mediziner zusammengestellt.

Aus den Ergebnissen wurden psychologisch wichtige Randbedingungen für die Durchführung von Paneltests abgeleitet, die bei der Entwicklung des Standards - Paneltests zu berücksichtigen sind. Hauptpunkte sind u.a.:

- Präsentation der zu untersuchenden Muster (Raumbedingungen z.B. Klima, Lichtbedingungen, Geräuschpegel; Tageszeit, Art der Mustervorbereitung),
- Personenkreis –
 - Eignung (Vortest),
 - Geschlecht, Alter, physischer und psychischer Zustand, Tätigkeitsbereich/Erfahrung,
 - Erwartungshaltung,
- Beschreibung der Vorgehensweise,
- Bewertungskriterien,
- Bewertungsskala.

Begleitend wurden im Paul-Flechsig-Institut der TU Leipzig spezielle Untersuchungsmethoden getestet. Eine davon war die hoch aufgelöste Messung von Tastbewegungen als Abfolgen von Bewegungsphasen und mikrofeinen Stoppphasen. Diese angewendete Untersuchungsmethodik ermöglicht objektivere, da messtechnisch erfassbare Weichheitsbewertungen. Diese Methodik ist für wissenschaftliche Studien sehr gut geeignet und weiter entwickelbar, jedoch in den Laboratorien der Tissue – Hersteller / -Verarbeiter auf Grund ihrer hohen technischen Anforderungen nicht umzusetzen. Sie liefert aber Grundaussagen zum prinzipiellen Vorgehen bei der Bewertung sowie zu beachtenden Randbedingungen beim Test selbst.

5.3 Entwicklung eines neuen Standardpaneltests

Auf Basis der verschiedenen Firmenmethoden und der medizinisch-psychologischen Anforderungen wurde vom Projektteam ein einheitliches Panel-Bewertungsverfahren für die Weichheit von Tissue-Produkten entwickelt. Ziel bei dieser Entwicklung war es, den Testpersonen eine gut überschaubare Einstufungsskala zu bieten, so dass der Entscheidungsprozess sich nicht zu schwierig gestaltete.

Der komplett neu konzipierte Paneltest wird durch den einfachen Aufbau als prinzipiell industrietauglich angesehen.

Das Neue an dem entwickelten Paneltest ist, dass mit nur drei Vergleichs- bzw. Referenzmustern eine insgesamt neustufige Differenzierung erreicht werden kann. Dazu werden drei Vergleichspapiertaschentuchmuster auf Grundlage bisher erfolgreich eingesetzter Werksvergleichsmuster (References) genutzt. Somit haben die Paneltestpersonen lediglich wenige Entscheidungsprozesse zu durchlaufen. Nach einem Ranking (von „hart“ nach „weich“) der Testmuster untereinander, kann eine Einordnung der Testmuster zu oder zwischen den Vergleichsmustern vorgenommen werden. Sofern eine Einordnung zwischen 2 Vergleichsmustern erfolgte, ist in einem zweiten Schritt die „Nähe“ zu dem jeweils härteren oder weicheren Vergleichsmuster zu ermitteln. Eine entsprechend beschriebene Vorgehensweise sowie ein Protokoll, welches die Schritte des Bewertungsprozesses widerspiegelt, unterstützen die Testpersonen maßgeblich und kann bei Interesse angefordert werden. Die SOTIPA-Paneltestmethode ist in der nachfolgenden Abbildung schematisch dargestellt:

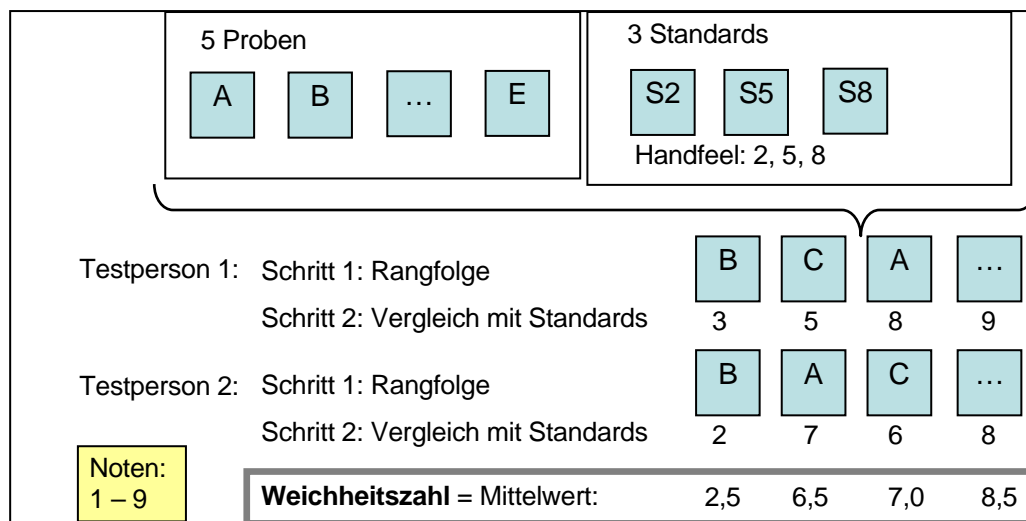


Abbildung 5-2: SOTIPA-Paneltest

Der Vorschlag wurde durch die PTS Heidenau der DIN Arbeitsgruppe „NA 074-02-05 AA Test methods for tissue paper and tissue products“ dargelegt.

Sämtliche ausgewählte Papiertaschentuchmuster wurden von allen Projekt- sowie einigen Industriepartnern nach der neuen Paneltestmethode beurteilt. Diese Ergebnisse wurden mit den Bewertungen nach den firmeninternen Prozeduren verglichen. Dabei zeigte sich, dass:

- die Ergebnisse der neue SOTIPA-Methode die Tendenzen der firmeninternen Beurteilungen widerspiegeln,
- die nach dem Projekt benannte „SOTIPA-Methode“ (Paneltest) auch von nicht an ihrer Entwicklung Beteiligten gut umsetzbar ist.

5.4 Charakterisierung der Eigenschaft Weichheit auf Grundlage von messtechnisch bestimmten Eigenschaften und Entwicklung eines messenden Verfahrens zur Bewertung der Tissue-Weichheit

5.4.1 Messtechnische Charakterisierung

Der erste Schritt zur messenden Bewertung der Tissueweicheit beinhaltete die Parameterfindung aus geeigneten Messungen/Messtechniken. Zu diesem Zweck erfolgte ein Screening verfügbarer Messtechniken unter Beachtung der Simulation von taktilen Beanspruchungen, Messgenauigkeit, Reproduzierbarkeit und Messaufwand, die in einer Zusammenstellung von geeigneten Parametern für dieses Bewertungssystem mündeten.

Es wurde ein Versuchsprogramm von 28 Prüfeigenschaften zur messtechnischen Bewertung der Weichheit von Tissue –Produkten, hauptsächlich unter Beachtung ihrer Aussagerelevanz für die Eigenschaft Weichheit, aufgestellt. Dabei wurden Prüfverfahren einbezogen, welche:

- die Basiseigenschaften (wie z.B. Dicke, flächenbezogene Masse, Faserstoffzusammensetzung),
- die Festigkeitseigenschaften (wie z.B. Zugfestigkeit, Biegesteifigkeit),
- die optische Eigenschaften (wie z.B. Brightness, Glanz, Streu- und Absorptionskoeffizienten),
- die Benetzbarkeits- und Sorptionseigenschaften (wie z.B. Wasseraufnahmekapazität) sowie
- die Oberflächeneigenschaften (wie z.B. Rauheit, Reibungskoeffizienten)

des zu untersuchenden Materials charakterisieren.

Trotz hoher Gerätekosten und Messaufwand wurden außerdem neu- bzw. für ihre Anwendung zur Beurteilung von Tissue-Materialien weiterentwickelte Prüfgeräte wie z.B. der emtec -TSA (Tissue Softness Analyzer) sowie das Tribometer eingesetzt, da eine hohe Aussagekraft der Ergebnisse dieser Verfahren bzgl. der Weichheit erwartet wurde.

Das Messprogramm wurde nachfolgend an allen ausgewählten Tissue - Materialien realisiert und bildete somit die Voraussetzung zur Schaffung eines mathematischen Modells zur Berechnung der Weichheit aus objektiv messbaren Prüfeigenschaften.

Es lassen sich zudem folgende allgemeine Erkenntnisse zusammenfassen:

- Mit steigender flächenbezogener Masse sowie zunehmender scheinbarer Dichte erhöht sich die Weichheit.
- Mit steigendem Weißgrad zeigt sich eine Erhöhung der Weichheit. Dies ist jedoch neben der subjektiven Komponente vorrangig faserstoff- und prozessbedingt.
- Zwischen Festigkeitseigenschaften und Weichheit war kein direkter Zusammenhang erkennbar.
- Mit steigendem Wasseraufnahmevermögen stieg auch die Weichheit.
- Bei sinkender Rauheit erhöhte sich die Weichheit.

- Die Weichheit der untersuchten Papiertaschentücher konnte mit dem Tissue Softness Analyzer (TSA) unter Verwendung der ebenfalls im Rahmen des Projektes unter Mitwirkung des Herstellers neu entwickelten Formel „Facial 1-Skala SOTIPA“ messtechnisch bestimmt werden. Nach der Eliminierung der Ausreißer, stimmten diese Messergebnisse gut mit den Paneltestbewertungen überein (siehe Abbildung 5-3).

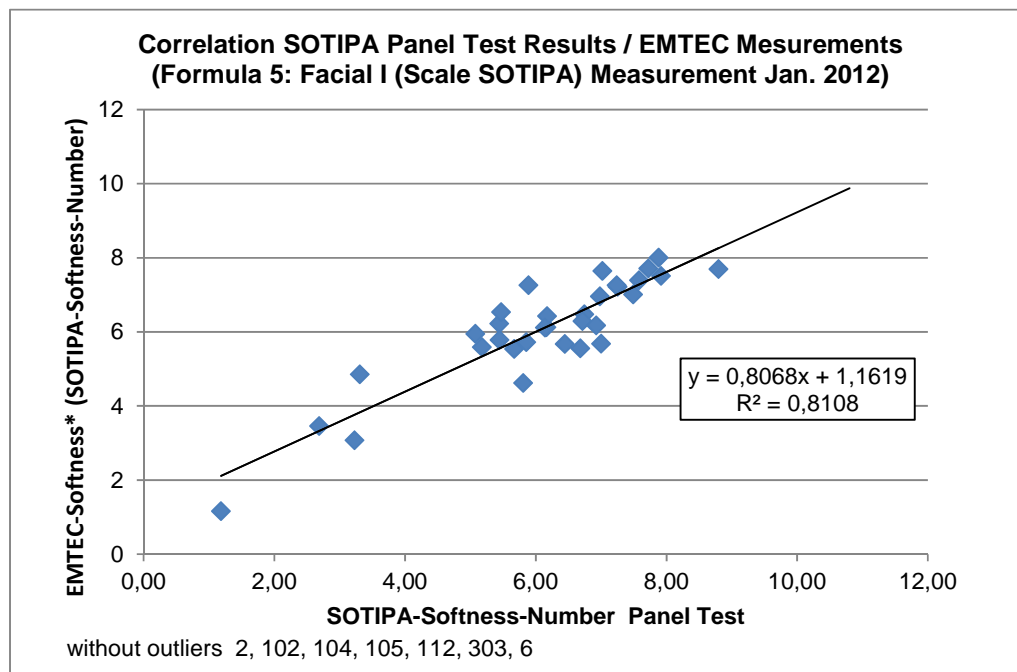


Abbildung 5-3: Korrelation zwischen Paneltestergebnissen und TSA -Messergebnissen (Bewertung von 33 Datensätzen)

- Die Ergebnisse der Tribometer - Messungen zeigten keinen direkten Zusammenhang mit der Produktweichheit.

5.4.2 Entwicklung eines messenden Verfahrens zur Bewertung der Tissue-Weichheit

Nach der Erfassung aller vorliegenden Daten wurden in einem ersten Schritt die Bewertungen der einzelnen Testpersonen sowie Testpersonengruppen (Laboratorien) der Paneltests hinsichtlich der Qualität ihrer Bewertungen untersucht. Neben der Überprüfung der Schwankungsbreite der Bewertungen der einzelnen Taschentücher erfolgte auch ein Ausreißertest an allen vorliegenden Bewertungen.

Dazu wurde, um die Zuverlässigkeit der Paneltests zu erhöhen, eine Studie aller Panel-Ergebnisse vorgenommen, mit dem Ziel abweichende oder unsichere Werte zu eliminieren, z.B. bei Teilnehmern im Paneltest, die die zwei weichsten und die zwei härtesten Proben nicht richtig beurteilten, die nicht alle Proben bewerteten, die stark abweichende Ergebnisse im Vergleich zu anderen Teilnehmern der Labors hatten. Neben anderen wurde auch ein statistischer Ausreißertest (auf Basis des InterQuartil Range (= obere - untere oder gleich 3IQR)) durchgeführt, um Einzelausreißer zu eliminieren.

Im Ergebnis dieser Analysen konnten 65 Datensätze von 24 Proben in die weiteren Betrachtungen einbezogen werden.

Alle gängigen statistischen Analysen wie lineare multiple Korrelationsrechnungen oder Principal Component Analysis führten nicht zu einem geeigneten Modellansatz, der Rückschlüsse zwischen den gemessenen Materialeigenschaften und den Panelbewertungen in einem geeigneten mathematischen Modell zuließen. Aus diesem Grund wurden neuronale Modelle entwickelt.

Um die beste Korrelation der neuronalen Modelle mit den Paneltestergebnissen zu finden, wurden mehrere Versuche gemacht. In jede dieser Korrelationsuntersuchungen wurden die 8 das Modell hauptsächlich beeinflussenden Eigenschaften einbezogen.

Es konnten zwei interessante Ansätze gefunden werden, eine mit allen Messungen und eine andere ohne die EMTEC-Messung (siehe Tabelle 5-1).

Tabelle 5-1: Hauptkomponenten der Modelle

<u>mit</u> EMTEC Messung	<u>ohne</u> EMTEC Messung
<ul style="list-style-type: none"> • Rauheit CD, (GFM 3D Oberflächen Mikroprofilmessung) • FOGRA Kontaktanteil • Arbeitsaufnahmevermögen (TEA) MD • E-Modul CD (aus Cantilever-Biegesteifigkeitsmessung) • Emtec TSA-Measurements (Formel II) • Ungleichmäßigkeit CD (45° Zeilenlichtprojektion mit bildanalytischer Auswertung) • Zugfestigkeit (tensile strength) CD • Rauheit MD, (GFM 3D Oberflächen Mikroprofilmessung) 	<ul style="list-style-type: none"> • Rauheit CD, (GFM 3D Oberflächen Mikroprofilmessung) • FOGRA Kontaktanteil • Arbeitsaufnahmevermögen (TEA) MD • E-Modul CD (aus Cantilever-Biegesteifigkeitsmessung) • Unevenness CD (45° Zeilenlichtprojektion mit bildanalytischer Auswertung) • Plastischer Anteil der Kompressibilität, Tribometer • Zugfestigkeit (tensile strength) MD • Dyn. Reibungskoeff., Tribometer

Anmerkung: MD-Machine Direction / Maschinenrichtung;
CD-Cross Direction / Querrichtung

Korrelationsstudien mit Berücksichtigung der Emtec - Messungen

Nachfolgend dargestellter Ansatz eines neuronalen Modells zeigt die Unterschiede zwischen den Paneltest-Ergebnissen und den Weichheitswerten, die durch das neuronale Modell berechnet wurden. Das Modell wurde akzeptiert, da die Unterschiede kleiner als 1 waren.

Die Wichtung der Eigenschaften ist in der folgenden **Tabelle 5-2** aufgeführt.

Tabelle 5-2: Wichtung der Eigenschaften

	weights
Rauheit CD (GFM)	-0,208
FOGRA Kontaktanteil	-0,0151
TEA_MD	-8,1581
E-Modul CD (Cantilever)	-0,0496
Emtec softness HF Formel 2	0,2887
Ungleichmäßigkeit y-Richtung	-0,0003
Zugfestigkeit CD	0,0065
Rauheit MD (GFM)	-0,0317
Bias	-10,51

Mean Error	Min Error	Max Error
0,34	0,02	0,88

Blue: model output
Green: real output data

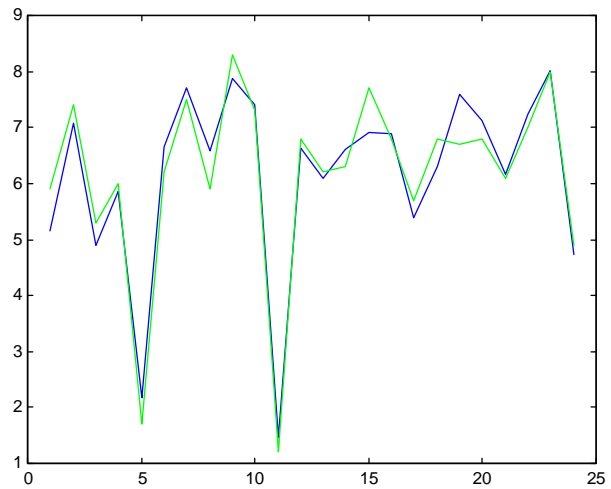


Abbildung 5-4: Vergleich der berechneten und durch Paneltest ermittelten Weichheit (Versuch 0)

Formel des neuronalen Modells

Folgende Formel wurde angewendet, um die theoretische Weichheitszahl zu berechnen:

$$Y = X \cdot W + B \cdot I(24)$$

X: Datenmatrix (Messung der Eigenschaften für jedes Muster)

W: Vektor der Wichtung (für jede Eigenschaft)

B: Bias (verschieden für jeden Versuch)

I(24): Vektor von 1

$$Y = \begin{pmatrix} p1.s1 & p2.s1 & p3.s1 & p4.s1 \\ p1.s2 & p2.s2 & p3.s2 & p4.s2 \\ p1.s3 & p2.s3 & p3.s3 & p4.s3 \\ p1.s4 & p2.s4 & p3.s4 & p4.s4 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} w1 \\ w2 \\ w3 \\ w4 \end{pmatrix} + B \times \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}$$

Beispiel : $Y = p1.s1 \times w1 + p2.s1 \times w2 + p3.s1 \times w3 + p4.s1 \times w4 + B$

p1: Eigenschaft 1 (zum Beispiel Rauheit CD)

s1: Muster 1

p1.s1: Wert der Eigenschaft 1 für Muster 1

w1: Wichtung für die Eigenschaft 1 (zum Beispiel -0.208 für Rauheit CD)

Korrelationsstudien ohne Berücksichtigung der Emtec - Messungen

Für diese Korrelationsstudien wurden die Ergebnisse der Emtec -Messungen ausgeschlossen, da es sich bei diesem Messgerät um ein Verfahren zur direkten Bestimmung der Weichheit handelt. Da in den vorausgehenden Untersuchungen ein gutes Model mittels neuronalen Netzwerks aufgestellt werden konnte, wurde dieses Verfahren wieder genutzt.

Die Wichtung der einzelnen Eigenschaften dieses Modells ist in Tabelle 5-3 dargestellt. Abbildung 5-5 zeigt den Vergleich der errechneten und durch Paneltest ermittelten Weichheitswerte. Der mittlere Fehler beträgt 0,72, die maximalen Abweichungen sind kleiner 2. Damit ist dieses Modell etwas weniger effizient als das zuvor Beschriebene.

Tabelle 5-3: Wichtung der Eigenschaften

	Weights
Rauhheit CD (GFM)	-0,5824
FOGRA Kontaktanteil	-0,0625
TEA_MD	-16,7394
E-Modul CD (Cantilever)	0,0226
Ungleichmäßigkeit y-Richtung	-0,0001
Elastischer Anteil	-0,1662
Zugfestigkeit MD	0,0054
Dyn. Reibungskoeff. Tribometer	-22,2449
The bias	23.43

Mean Error	Min Error	Max Error
0,72	0,06	1,91

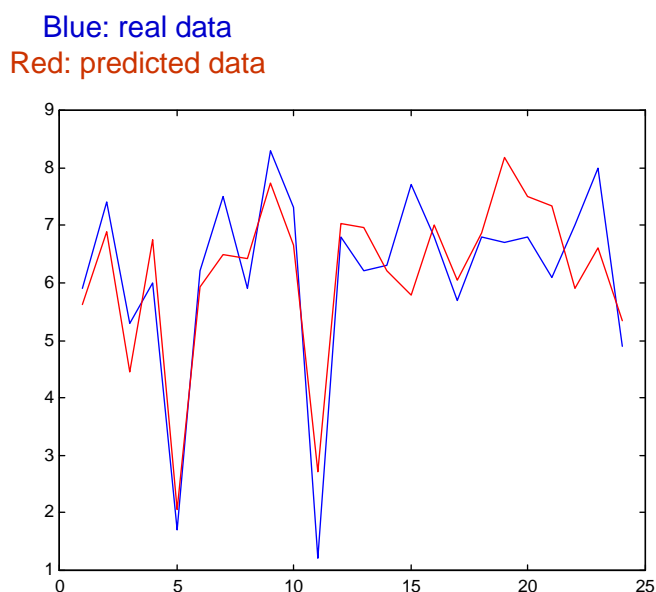


Abbildung 5-5: Vergleich der berechneten und durch Paneltest ermittelten Weichheit

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass der neuronale Ansatz eine gute Möglichkeit bietet, um aus messtechnisch bestimmten Eigenschaften die Weichheit zu berechnen, bzw. eine Aussage zur Weichheit zu treffen, die mit dem menschlichen Empfinden, bestimmt über den Sotipa-Paneltest, korreliert.

Der Einfluss der optischen Eigenschaften kann dabei vernachlässigt werden. Im Modell werden neben anderen Messgrößen, die Messungen mit dem neu entwickelten Softness-Analyser der Fa. Emtec verwendet. Unter Verwendung dieser Daten wird die beste Übereinstimmung der berechneten mit der „gefühlten“ Weichheit erreicht.

Der Versuch, die emtec-Messungen mit anderen, konventionellen Messungen zu ersetzen, zeigte in den Modellrechnungen eine weniger gute Weichheitsabschätzung. Die ausschließliche Nutzung der emtec-Messungen ergab eine insgesamt schlechtere Vorhersage als das unter Einbeziehung weiterer Messgrößen möglich ist.

Die Rechnungen haben zudem gezeigt, dass es nicht möglich ist, ein Modell zu erstellen, das nur Eigenschaften enthält, die in der Industrie als bekannte Standardmessungen ausgeführt werden.

5.4.3 Validierung der entwickelten Testmethode auf Basis von Round Robin-Versuchen mit Papiertaschentüchern

Die Validierung des entwickelten Paneltests und die Überprüfung der entwickelten Messmethodik und des Modells auf Richtigkeit und Wiederholbarkeit an ausgewählten Taschentuchmustern war Inhalt eines weiteren Arbeitsschrittes. Weiter wurden auch Handhabbarkeit und Effizienz geprüft.

Bei den wiederholten Round Robin-Versuchen bestätigte sich die gute Anwendbarkeit des entwickelten Paneltestverfahrens (siehe Abbildung 5-6). Auch die 9 neuen Taschentuchmuster wurden von allen Teilnehmern gut übereinstimmend bewertet. Die maximale Abweichung lag bei 1,5 SOTIPA-Weichheitszahlen.

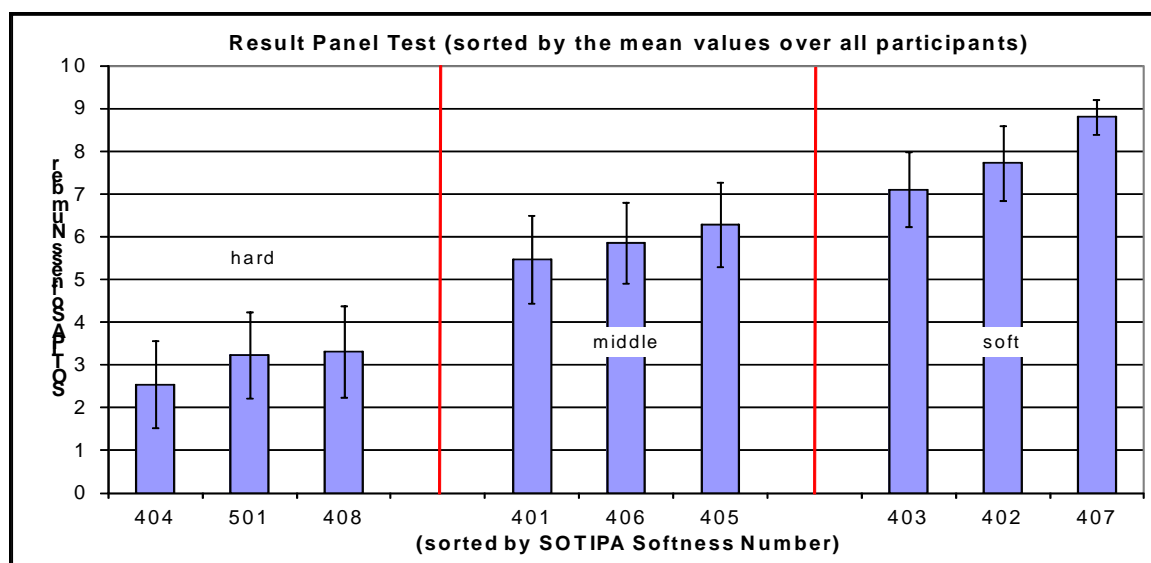


Abbildung 5-6: Paneltestergebnisse der Validierungsmuster

In den 3 Paneltestdurchgängen wurden 3 identische Muster (je eins aus den Bereichen weich/soft, mittel/middle und hart/hard) wiederholt bewertet. Die Muster erhielten jeweils neue Kennzeichnungen, damit die Testpersonen bei ihrer Bewertung durch bereits durchgeführte Tests nicht beeinflusst werden konnten. Die Bewertungen dieser Papiertaschentücher hinsichtlich ihrer Weichheit waren sehr gut reproduzierbar (siehe Abbildung 5-7). Die Abweichungen zwischen den wiederholten Bewertungen ein und desselben Musters lagen zwischen 0,01 und 0,33 SOTIPA-Weichheitszahlen.

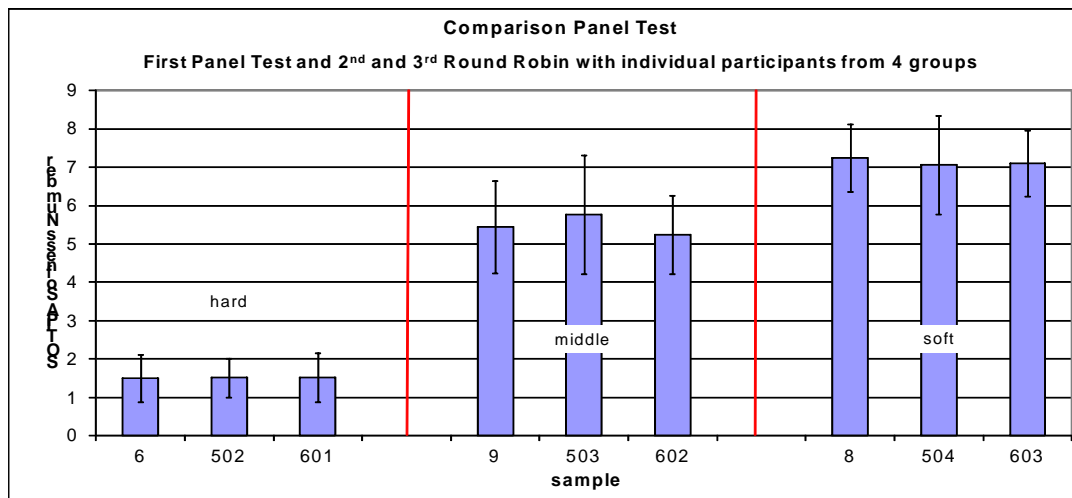


Abbildung 5-7: Ergebnisse aller 3 Paneltest-Durchgänge an 3 identischen Mustern (Muster erhielten für jeden Round Robin eine andere Bezeichnung zwecks Anonymisierung)

Die Validierungsversuche zeigten folgende Ergebnisse:

- Die Bestimmung der messtechnischen Eigenschaften wurde für die modellrelevanten Prüfverfahren hinsichtlich ihrer Reproduzierbarkeit überprüft.
 - Die Messungen der Zugfestigkeit und damit die Bestimmung des Arbeitsaufnahmevermögens gehören zu den standardisierten Prüfverfahren mit bekannten Messwertunsicherheiten. Auch bei der Bestimmung des FOGRA-Kontaktanteils handelt es sich um ein langjährig eingeführtes Prüfverfahren. Diese Messergebnisse zeigten sich für die Papiertaschentuchmaterialien als gut wiederholbar.
 - Deutliche Unterschiede traten verfahrens- und materialbedingt bei der Bestimmung des E-Moduls aus der Biegesteifigkeitsmessung nach Cantilever auf.
 - Die Differenzen in den Ergebnissen der Messungen mittels Tribometer scheinen im Verfahren, das noch nicht für Papiermaterialien optimiert wurde, begründet zu liegen. Mit diesem Messgerät müssen daher deutlich mehr Erfahrungen bzgl. der Messung von Tissematerialien gesammelt werden, als es bei den Versuchen im Rahmen des Projektes möglich war. Es gilt insbesondere auch die Randbedingungen der Messungen zu optimieren, um gut wiederholbare, für eine Modellierung geeignete Daten erheben zu können. Gleiches gilt für die Rauheitsmessung mittels GFM, die deutlich höhere Ergebnisschwankungen aufweist, als herkömmliche Verfahren.
 - Die Weichheitsbewertung mittels emtec-TSA zeigte sich als sehr gut reproduzierbar.
- Die mathematischen Modelle und deren Analyse zeigten, dass die Berechnungsformel „0 - mit Emtec - Messungen“ sich sehr gut zur Beschreibung der Eigenschaft Weichheit eignet.
 - Mittels der Formel „0 - ohne Emtec - Messungen“ treten bedingt durch die hier einbezogenen Messverfahren größere Abweichungen zwischen berechneter und gefühlter Weichheit an Papiertaschentuchmustern auf.
 - Für die Berechnungsformel „0 - mit Emtec Messungen“ betrug der durchschnittliche Fehler 0,66 SOTIPA – Weichheitszahlen, für die Berechnungsformel „0 – ohne Emtec – Messungen“ 0,85 SOTIPA – Weichheitszahlen.

- Beide Formeln sind mittels mathematisch unterstützender Software gut handhabbar. In den Berechnungswegen werden jedoch Messeigenschaften von neuen, nicht konventionellen Testverfahren (Tribometer, Rauheit GFM) einbezogen, da die Korrelationen der Berechnungsformel unter Einbeziehung von ausschließlich Standardprüfverfahren keine ausreichende Übereinstimmung mit den Paneltestergebnissen erbrachten.

5.4.4 Untersuchungen zur Übertragbarkeit der Testmethode auf andere Tissue-Produkte

Die Möglichkeit der Methodenübertragung des für Tissuetaschentücher entwickelten Paneltests auf Toilettenpapiere wurde geprüft. Dazu wurde in einem ersten Schritt an ausgewählten Toilettenpapiermustern ein Paneltest mit Taschentuch-Vergleichsstandards ausgeführt, der sich aber wegen der ungleichen Form und Verarbeitung von Toilettenpapieren und Taschentüchern und der damit einhergehenden veränderten Art der Präsentation der Vergleichsmuster im Paneltest als ungeeignet erwiesen hat.

Aus diesem Grund wurde der Paneltest im Weiteren mit Toilettenpapierstandards durchgeführt. Neben dem Paneltest wurde auch die Anwendbarkeit des TSA-Gerätes als eine Möglichkeit der messtechnischen Bewertung der Weichheit von Toilettenpapieren analysiert.

Die prinzipielle Vorgehensweise des entwickelten Papiertaschentuchpaneltests konnte auch auf die Bewertung von Toilettenpapieren übertragen werden. Dabei mussten folgende Anpassungen im Versuchsablauf vorgenommen werden:

- Vorbereitung der Testmuster abweichend von der Vorbereitung der Papiertaschentücher für den Paneltest,
- Bewertung der Testmuster mittels Toilettenpapiervergleichsstandards.

Die Differenzen zwischen den Bewertungen des Toilettenpapiers durch einzelne Testpersonen lagen deutlich höher als bei den Untersuchungen an Papiertaschentüchern. Es wurde deutlich, dass zur Bewertung des Toilettenpapiers auf Grund seiner Oberflächenstruktur mehr Erfahrung sowie ein gut trainiertes Panel notwendig sind. Die Diskussion der Ergebnisse mit dem projektbegleitenden Ausschuss ergab, dass in der Bewertungsprozedur noch die Festlegung der Probeentnahmestelle in der Toilettenpapierrolle (Anfang, Mitte, Ende) zu ergänzen ist.

Die Beurteilung der Weichheit des Toilettenpapiers mittels TSA gab die Tendenzen der Paneltestergebnisse wider. Mittels Formelanpassungen sind auch hier in Zukunft bessere Übereinstimmungen der subjektiven und messtechnischen Bewertungen zu erwarten. Die Reproduzierbarkeit der Messergebnisse mittels TSA kann, analog zur Prüfung der Taschentücher, als sehr gut eingeschätzt werden.

5.5 Ausgewählte Einflussgrößen der Tissue-Herstellung und –verarbeitung auf die Weichheit

Auf Basis der Messdaten sowie diverser Publikationen erfolgte eine Auswertung der Informationen die herstellungsseitig und verarbeitungsseitig Einfluss auf die Produktweichheit haben.

Die folgenden herstellungsseitigen Bedingungen und Einflüsse haben sich fertigungsseitig als entscheidend für eine Beeinflussung der Produktweichheit bei Tissueerzeugnissen herausgestellt:

Tabelle 5-4: Herstellungsseitige Einflussfaktoren auf die Produktweichheit

Einflussfaktor	Verbesserung der Weichheit durch:
Faserstoffauswahl	Einsatz von Faserstoffen mit kurzen und dünnen Fasern
Aufschlussverfahren	Kraftaufschluss (TCF Bleiche)
Mahlung	Einstellung der Mahlkantenbelastung und des Mahlgrades optimiert nach eingesetztem Faserstoff Vermeidung von Feinstoffbildung
Blattbildung	kein nachgewiesener Einfluss der Formertypen auf die Weichheit, Auswahl erfolgt mit dem hauptsächlichen Ziel einer guten Retention
Yankee-Trocknung und Kreppen	Auswahl und Glätte des Zylindermaterials (bevorzugt rostfreier Stahl) Einsatz von Schuhpressen (längere Trocknungsdauer – Volumenerhöhung) kontrolliert eingestellter Walzendruck Durchströmungstrocknung (TAD) Einsatz von Keramikschabern Einstellung eines optimalen möglichst hohen Kreppwinkels geringer Kreppfaktor (Geschwindigkeitsdifferenz zwischen Yankeeetrockner und Papierrolle), Yankeebeleg: Einsatz wasserbasierter Modifiziermittel

Die Untersuchungen der Faserstoffzusammensetzung der im Projekt bewerteten Papiertaschentücher bestätigten die in der Literatur gefunden aussagen.

Die eigenen Untersuchungen zu den verwendeten Faserstoffen haben gezeigt, dass insbesondere Taschentücher mit hohem Kurzfasernanteil bei den Paneltests als weich (SOTIPA-Weichheitszahl > 6,5) eingestuft wurden, während Muster bei denen etwa gleiche Anteile an Kurz- und Langfaserzellestoff vorlagen als hart (SOTIPA-Weichheitszahl < 3,5) bewertet wurden.

Die Analyse der im Projekt gemessenen Weichheitskennwerten unter dem Aspekt spezieller verarbeitungsrelevanter Eigenschaftswerte diente dazu, verarbeitungsspezifische Zusammenhänge zu ermitteln. Insbesondere wurden dabei Lagenanzahl, -anordnung, spezifisches Volumen sowie einzelnen Verarbeitungsvorgänge betrachtet.

Zusätzlich wurden in Zusammenarbeit mit der Industrie Muster erstellt, um die Einflüsse der Verarbeitungsprozesse Druck und Prägung auf die Tissue-Weichheit untersuchen zu können.

Anhand der durchgeführten Literaturlauswertungen sowie der Untersuchungen an unbedruckten und bedruckten Tissue-Mustern können folgende Zusammenhänge zwischen verarbeitungsseitigen Einflüssen und der Produktweichheit herausgearbeitet werden:

Tabelle 5-5: Verarbeitungsseitige Einflüsse auf die Produktweichheit

Einflussfaktor	Verbesserung der Weichheit durch
Glätten	<p>Einstellung höherer Liniendrücken, Einsatz von Hardnip- sowie beheizten Kalandern – in Praxis werden jedoch Softnip-Kalender bei geringen Liniendrücken eingesetzt, um Volumenreduzierungen zu verringern</p> <p>Einsatz einer Kombination aus Softnip – Kalandern und Schuhpresse – hier lange Verweilzeiten, geringe Liniendrücke und hohe Oberflächentemperaturen – führen zu verbessertem Volumen-Weichheitsverhältnissen</p>
Prägen	<p>Bei der Einstellung des Druckes im Walzenspalt muss ein guter Kompromiss zwischen gewünschter Prägetiefe und zu erreichendem Volumen bzw. zu erzielender Festigkeit des Materials gefunden werden</p> <p>Bei Tissue-Materialien, welche für das Bedrucken vorgesehen sind, kann durch Prägung die Weichheit leicht verbessert werden.</p>
Zusammenfügen von Lagen und Kaschieren	<p>am häufigsten Einsatz der Kombination beider Verfahren (Zusammenfügen und Kaschieren),</p> <p>Erhöhung der Lagenzahl erhöht die vom Menschen wahrgenommene Weichheit</p>
Aufbringen von Lotionen	Einsatz von Weichmachern auf Silikonbasis
Bedrucken	Grafikdruck ohne vollflächigen Druckfarbenauftrag

Einer der wichtigsten Prozessparameter beim Prägen ist der Druck im Walzenspalt. Wird er erhöht, steigen auch Volumen und Weichheitseindruck, ein zu hoher Druck verschlechtert jedoch die Festigkeitseigenschaften, z.B. die Zugfestigkeit. Daher sollte bei der Druckauswahl ein Kompromiss zwischen Prägetiefe, Volumen und Festigkeit gefunden werden.

Ein weiterer Einflussfaktor ist die Härte des Walzengummi. Härtere Materialien (bei konstantem Anpressdruck) verringern das Volumen.

Im Rahmen der Projektarbeiten wurde auch ein Tissue - Material im geprägten und ungeprägten Zustand hinsichtlich seiner Weichheit bewertet. Bei dem nachfolgend dargestellten Muster handelte es sich um Tissue - Material, welches für die Bedruckung vorgesehen war. Aus diesem Grund fällt die Ausgangsweichheit des ungeprägten Materials sehr gering aus.

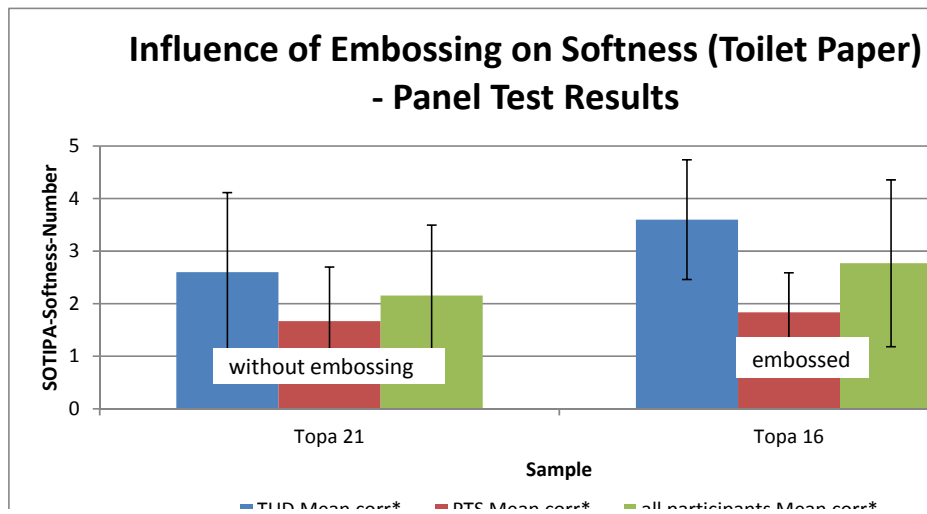


Abbildung 5-8 : Einfluss der Prägung auf die Weichheit

Es wurden im Projekt einige spezielle Untersuchungen zum Einfluss von Flexobedruckung auf die Weichheit von Tissueprodukten ausgeführt. Insbesondere bedruckte Erzeugnisse verzeichnen aus Marketinggründen einen zunehmenden Trend, da damit die optische Attraktivität der Produkte deutlich verbessert werden kann.

Es wurden 4 Toilettenpapiere und 6 Papiertaschentücher des gleichen Ausgangsmaterials jedoch mit unterschiedlichen Druckbildern sowie das unbedruckte Ausgangsmaterial untersucht. Die Bedruckung der Toilettenpapiere und Taschentücher unterschied sich deutlich durch die unterschiedliche Flächendeckung. Bei Muster 701 bzw. TP 20 lag ein Grafikdruck mit geringem Farbauftrag vor, während z.B. Muster 706 sowie TP 19 einen vollflächigen Druck aufwiesen.

Bei den Papiertaschentüchern zeigte sich, dass insbesondere ein vollflächiger Druck die Weichheit des Produkts vermindert. Das Muster 701, welches nur mit einer Grafik bedruckt war, wurde von allen Testpersonen wesentlich weicher eingeschätzt als die Papiertaschentücher mit vollflächigem Druckbild. Der Druckfarbenauftrag führt zum Verschließen der Oberflächenporen sowie zur Verminderung der Mikroweichheit der Oberfläche. Durch die Bedruckung werden die im Ausgangszustand an der Oberfläche der Taschentücher aufgerichteten Zellstofffasern durch die wässrigen Druckfarbensysteme sowie durch den notwendigerweise wirkenden flächigen Druck wieder in den Faserverbund eingegliedert, so dass das Material seinen samtigen Eindruck verliert.

Anzumerken ist, dass das in den Versuchen verwendete Tissue-Material bereits im unbedruckten Ausgangszustand eine vergleichsweise geringe Weichheit zeigt als die meisten anderen Papiertaschentücher, die untersucht wurden. Hintergrund dafür ist, dass ein zu bedruckendes Tissue-Material für den Druck- und Prägeprozess eine deutlich höhere Festigkeit aufweisen muss. Dies bedingt einen veränderten Faser- und Hilfsmiteinsatz. (siehe Abbildung 5-9)

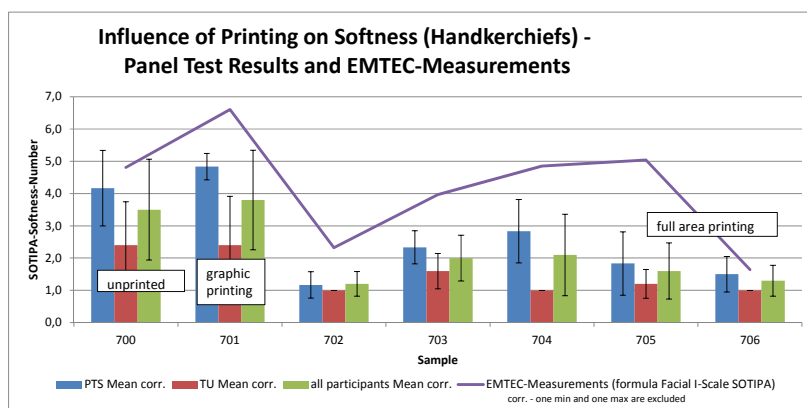


Abbildung 5-9: Einfluss der Bedruckung auf die Weichheit von Papiertaschentüchern

Auch die bedruckten Taschentücher wurden mittels EMTEC TSA bewertet. Hierzu wurde die für die unbedruckten Papiertaschentücher entwickelte Bewertungsformel „Facial I –Skala SOTIPA“ eingesetzt. Die erhaltenen Messergebnisse weichen von den im Paneltest ermittelten Weichheitswerten sichtbar ab, geben aber die von den Testpersonen ermittelten Tendenzen wider. Bei einer entsprechenden Formelanpassung ist eine verbesserte Übereinstimmung zu erwarten.

Auch bei der Bewertung der bedruckten Toilettenpapiere zeigten sich ähnliche Tendenzen wie bei den bedruckten Papiertaschentüchern. Vollflächige Bedruckung führt zu Weichheitsverlust.

6 Nutzen und wirtschaftliche Bedeutung des Forschungsthemas

Der westeuropäische Markt ist der zweitgrößte Markt für Tissue-Materialien nach den USA. Der europäische Konsum an Hygienepapieren beläuft sich auf ca. 5,5 Millionen Tonnen jährlich. Die Zuwachsraten halten sich in den letzten Jahren bei konstanten 5,2 %. Der Umsatz an Toilettenpapier beläuft sich auf 50 %, der von Papiertaschentüchern auf 25 % Anteil am Gesamtumsatz mit Tissue. [17]

Die Konsumenten von Tissue Produkten erwarten nicht nur eine hohe Produktfunktionalität sondern auch ein gutes haptisches Gefühl. Bisher war es nicht möglich diese Produkteigenschaft zu quantifizieren. Eine reproduzierbare Beurteilung des Eindrucks der Weichheit in Form eines standardisierten Panel-Tests bzw. als Auswertung messtechnischer Produktbewertungen ist für Hersteller, Verarbeiter, Verkäufer und Konsumenten ein großer Vorteil. Neben dem Aufbau seriöser und verlässlicher Benchmarks wird es mit den entwickelten Methoden möglich sein Produkte selbst, wie auch die Prozesse ihrer Herstellung und den Faserstoffeinsatz weitgehend zu optimieren.

Im Folgenden werden einige ausgewählte Aspekte dargestellt, welche durch die Entwicklung der Bewertungsmethoden für die Produktweichheit wirtschaftliche Vorteile erbringen werden. Die Tissue-Verarbeiter, -Händler, -Lieferanten sowie Messtechnikhersteller werden zumeist von klein- und mittelständischen Firmen repräsentiert.

Hersteller:

- Einfachere Kommunikation zwischen Lieferanten und Abnehmern
- Durch Einsatz geeigneter Messtechnik Reduzierung der Anzahl notwendiger, kostenintensiver Paneltests und Wiederholungsprüfungen
- Zielgerichtete Rohstoff und Faserauswahl incl. Faserstoffbehandlung
- Nutzung von kostengünstigen Zellstoffgemischen
- Reduzierungen und Veränderungen bei der Nutzung von Zusatzstoffen zur Kontrolle der Produktweichheit
- Verbesserte Produktkennzeichnung und -auslobung

Verarbeiter:

- Optimierung des Prägeprozesses,
- Gezielte Materialauswahl für bestimmte Produktgruppen
- Gezielte Nachbehandlungen von Produkten durch optimierte Lagenanordnungen und den Einsatz von Hilfsmitteln sowie Lotions etc.
- Beherrschung der Zusammenhänge von Material und Pressen-Verfahren im Hinblick auf Weichheit und Steifigkeit
- Verbesserte Produktkennzeichnung und -auslobung

Händler:

- Verbesserung der Kommunikation,
- Liefervereinbarungen basierend auf standardisierten Eigenschaftskennwerten

- Beschleunigte Abwicklung von Kundenreklamationen

Messtechnikhersteller:

- Verwendung der vorhanden Expertise zur Entwicklung von Sensoren und Prüftechnik
- Entwicklung neuer und modifizierter Prüftechnik zur Erweiterung des Produktportfolios

Dass Wissen der Tissue-Hersteller über Möglichkeiten der Verbesserung der Weichheit gehört zu den wohl am besten gehüteten Geheimnissen des Unternehmens-Know-Hows und sind in manchen Fällen sogar mittels Patent geschützt.

Welchen Effekt die neu entwickelte Messmethodik auf den Produktionsprozess und die Qualität der Produkte haben wird, lässt sich daher nicht in Zahlen ausdrücken. Es ist jedoch unbestritten, dass die neuen Bewertungsmethoden für die Produkte eine deutlich verbesserte Produktcharakterisierung zulassen, die Erzeugern, Händlern und Verbrauchern gleichermaßen helfen.

Die Paneltestbewertung erscheint als ausreichend robuste praxisorientierte Grundbewertung und die messtechnischen Methoden sind insbesondere für die Feinjustierung spezieller Eigenschaftsausprägungen im Zusammenhang mit der Weichheitsproblematik geeignet.

Letzteres ist zugleich die Basis für die Verbesserung der Herstellungs- und Verarbeitungsprozesse und damit auch für die Optimierung des Produktes selbst.

Unter Umständen könnte zukünftig auch wieder der Einsatz größerer Mengen, kostengünstigerer Recyclingfasern in den Zellstoffgemischen in Betracht kommen. Recyclingfasern verfügen, bedingt durch den durchlaufenen Aufschlussprozess, über eine geringere Flexibilität sowie Kompressibilität. Es ist daher nicht überraschend dass die Altpapiereinsatzquote für Hygiene-Papiere in den letzten Jahren rückläufig war. Sie sank von 83,3 % (2004) auf nur 60 % (in 2005)[18].

Die in diesem Forschungsprojekt entwickelten Mess- und Auswerteverfahren ermöglichen die Optimierung der Zellstoffauswahl und -aufbereitung. Dies könnte die Attraktivität der Recyclingfaser in Zukunft bei bestimmten Produktgruppen wieder verbessern und hätte damit ggf. auch positive Auswirkungen auf weitere mit der Tissue-Herstellung verbundene Unternehmen wie z.B. Altpapierhändler.

Die erzielten Projektergebnisse konnten bereits in den Sitzungen der Projektbegleitenden Ausschüsse (nationalen SME-Meetings) ausführlich mit Industrievertretern diskutiert werden. Der deutsche Projekt begleitende Ausschuss, dem die einzelnen SME, aber auch Vertreter der großen Tissue herstellenden Unternehmen angehörten, hat über den gesamten Projektzeitraum die Arbeiten außerordentlich engagiert verfolgt und durch Hinweise sowie Mitwirkung bei den Paneltestarbeiten und durch Musterbereitstellung aktiv unterstützt. Gleiches trifft auch auf die Projekt begleitenden Ausschüsse der ausländischen Forschungspartner zu. Dafür sei an dieser Stelle nochmals gedankt.

Ansprechpartner für weitere Informationen:

Dipl.-Ing. Irene Pollex
Tel. 03529/551 611
irene.pollex@ptspaper.de

Dipl.-Ing. Katrin Kühnöl
Tel. 03529/551 670
katrin.kuehnoel@ptspaper.de

Papiertechnische Stiftung PTS
Institut für Zellstoff und Papier IZP
Pirnaer Straße 37
01809 Heidenau
Tel. (03529) 551-620
Fax (03529) 551-899
e-Mail: info@ptspaper.de
www.ptspaper.de

Papiertechnische Stiftung PTS
Institut für Zellstoff und Papier IZP
Pirnaer Straße 37
01809 Heidenau
Tel. (03529) 551-620
Fax (03529) 551-899
e-Mail: info@ptspaper.de
www.ptspaper.de

Literaturverzeichnis

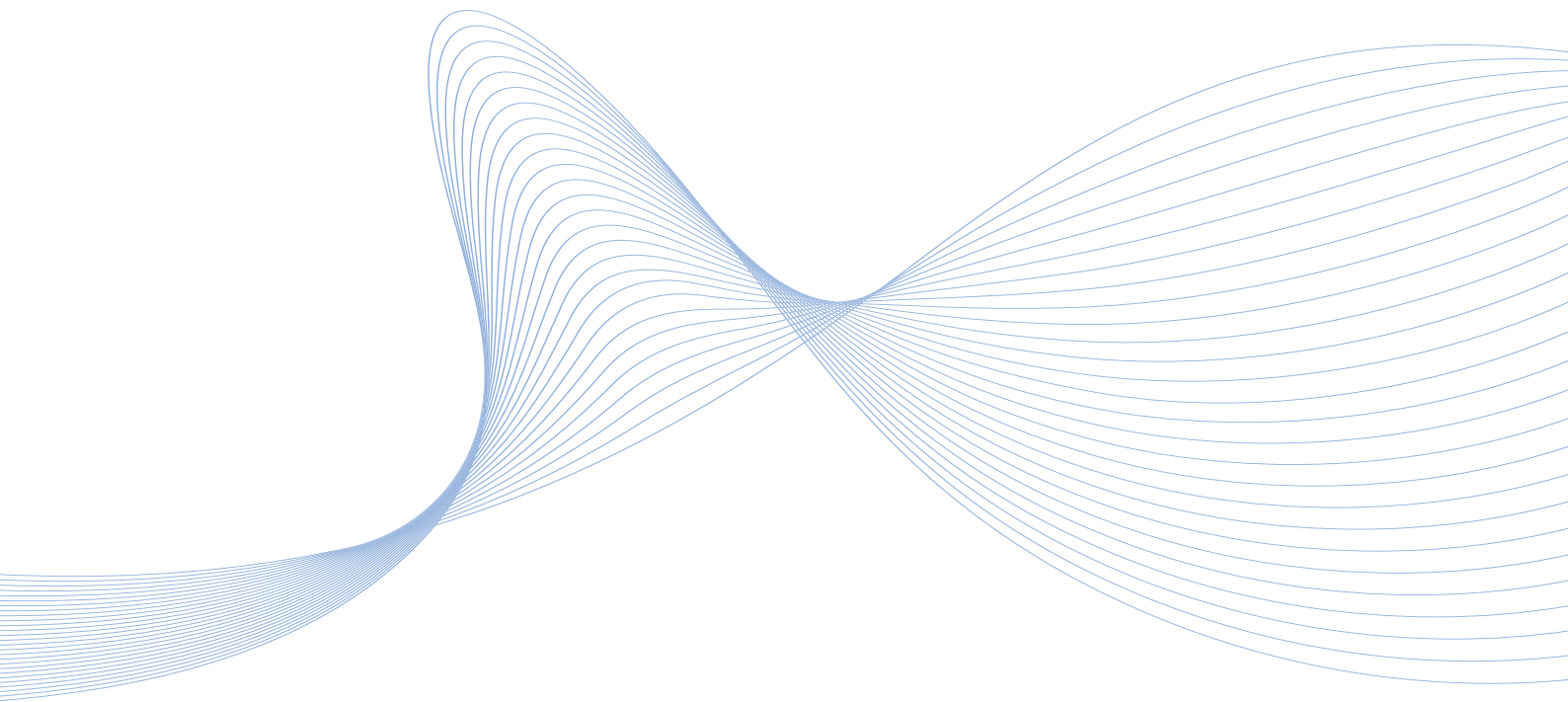
- 1 Aristoteles“Über die Seele“ in Flashar, H. (Hrsg.): Aristoteles Werke
Berlin: Akademie-Verlag 1986
- 2 Grunwald, M. u. Bayer, L.
Der bewegte Sinn – Grundlagen und Anwendungen zur haptischen Wahrnehmung
Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser, 2001; ISBN 3-7643-6516-1
- 3 Lamb, H.-J.
Weichheitsbestimmung von Tissueprodukten
3. PTS-Tissue-Symposium, München 2003
- 4 GüntherM., Vossbein U., Wildner R.
Marktforschung mit Panels
Gabler Wiesbaden, 72 Seiten, ISBN 3-409-22244-8
- 5 Schnell, H., Hill P. B., Esser E.
Methoden der empirischen Sozialforschung
Oldenburg, München, ISBN 3-486-5768-4 (S.237-245)
- 6 Wilken R., Knapp W.
Eine objektive Methode zur Bestimmung der Weichheit von Hygienepapieren
PTS-Forschungsbericht Nr. AiF 12117 B
- 7 Mark R.E., Haberber C.C., Borch J., Lyne M.B., Ramasubramanian M.K.
Handbook of physical testing of paper (Vol.1)
Marcel Decker AG Basel, second edition 2002; ISB: 0-8247-
- 8 Carr C.M., Roberts C.J.
Technology transfer- a quality control tool from textile industry
Paper Technology -, 27-28 (1993) Nr. 11
- 9 Gerätebeschreibung „Fibre rising tester“
Fibro system ab Schweden
www.fibro.se

- 10 Kuo L.S.
Determination of bulk softness with the Chinke methode
Tissue world 99, page 1-4
- 11 Mark R.E., Habeger C.C., Borch J, Lyne M.B., Kawabata S.
Handbook of physical testing of paper (Vol. 2)
Marcel Dekker AG Basel, second edition 2002; ISBN: 0-8247-0499-1
- 12 Gerätebeschreibung TSA
Emtec Elektonik GmbH Leipzig
www.emtec-papertest.de
- 13 Liu J., Hsieh J.
Characterisation of facial Tissue softness
TAPPI Journal, Vol. 3, no. 4, 2004
- 14 Sarimveis H., Retsina T.
Tissue softness prediction using neural network methodologies
Pulp & Paper Canada, 102:5 (2001), pp T136
- 15 Haase S.
Objective results instead of subjective evaluation: a new measurement method
Intern. Papierwirtschaft, no. 5, 2007, pp22
- 16 Eichhorn S.
European standardisation work – Testing methodes for soft tissue products
Tissue world 2005, pp 9
- 17 Hischberger, P.
Toilettenpapier und Walderhaltung – Eine Analyse des europäischen und Schweizer Hygienepapiermarktes
Februar 2006; www.assets.wwf.ch

18 Bundesumweltamt 2008: Pressemitteilung

Einführung in die Erfolgsgeschichten Umweltzeichen Blauer Engel

<http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-presse/hintergrund/be-erfolgsbilanz.pdf>



www.ptspaper.de

Papiertechnische Stiftung

Heßstraße 134 · 80797 München · Telefon +49 (0)89-12146-0 · Telefax +49 (0)89-12146-36

Pirnaer Straße 37 · 01809 Heidenau · Telefon +49 (0)3529-551-60 · Telefax +49 (0)3529-551-899