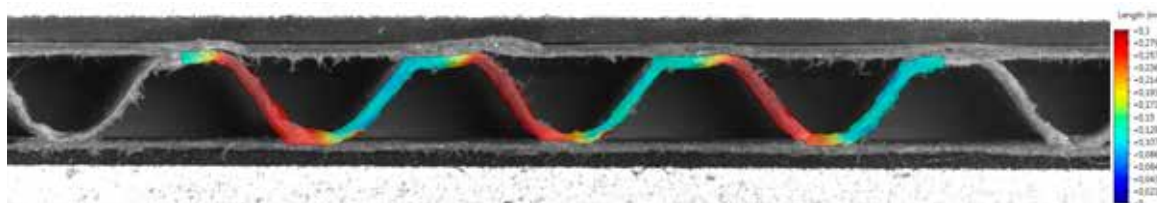


Untersuchung und Bewertung des Einflusses von Vorschädigungen an Wellpappe auf die Stabilität von Verpackungen

[Projekt: Messmethode Belastung Wellpappe (IGF 19791 BG)]

Autoren: Dr.-Ing. Elias Staiger, Dipl.-Ing. (FH) Franka Rochner, Papiertechnische Stiftung (PTS), Heidenau



In einem abgeschlossenen Forschungsvorhaben der Papiertechnischen Stiftung PTS mit den Partnern der HTWK Leipzig und der BAM Berlin bestand ein wesentliches Ziel darin, Schädigungen an Wellpappe, wie sie im Herstellungs- und TUL-Prozess auftreten können, hinsichtlich des Einflusses auf die Stabilität von Transportverpackungen zu bewerten. Damit sollte vor allem eine Verbesserung der in der Praxis weit verbreiteten, aber nicht immer ausreichend genauen Berechnungsmodelle zur Materialauswahl von Wellpappverpackungen umgesetzt werden.

Um dem Rechnung zu tragen, war eine differenzierte Betrachtung der struktur- und materialeitig auftretenden Effekte bei einer (Vor-)Schädigung der Wellpappe notwendig. Aufgrund der unterschiedlichen Auswirkung auf die Festigkeitskennwerte ist aus kontinuumsmechanischer Sicht insbesondere eine Unterscheidung zwischen elastischer und plastischer Deformation mit Schädigung notwendig. Im Gegensatz zu elastischen Deformationen sind plastische Deformationen nicht umkehrbar. Ein Rückverformen nach im Herstellungsprozess unerwünscht eingetragener Deformation bei Schädigung ist daher nicht möglich.

Allgemein umfassten die Untersuchungen E-, B-, und BC-Wellpappen, wobei hier im Rahmen des Beitrags insbesondere auf das Verhalten der häufig eingesetzten B-Welle eingegangen wird. Einen besonderen Beitrag zur Schädigungsanalyse konnte die an der PTS vorhandene optische Dehnfeldanalyse (ODA) leisten. Diese erlaubt es, ergänzend zur mechanischen Prüfung von Werkstoffen, die Belastungsreaktion mittels eines Kamerasystems zu erfassen und softwareseitig aus dem Bildmaterial Verschiebungs- und Dehnungsanalysen basierend auf dem Verfahren der Grauwertkorrelation durchzuführen. Im konkreten Anwendungsfall erfolgte damit die Visualisierung und Analyse der Lastreaktion im Wellpappenquerschnitt beim Flachstauchversuch (FCT). Der FCT-Versuch nimmt bei den Untersuchungen die Rolle ein, das Deformationsverhalten der Wellpappe bei senkrechter Druckbeanspruchung zu analysieren. Unter gleichzeitiger Betrachtung der Kraft-Stauchungsdiagramme und der ODA galt es

Abb.1 Definierte Vorschädigung und verwendete McKee-Formel

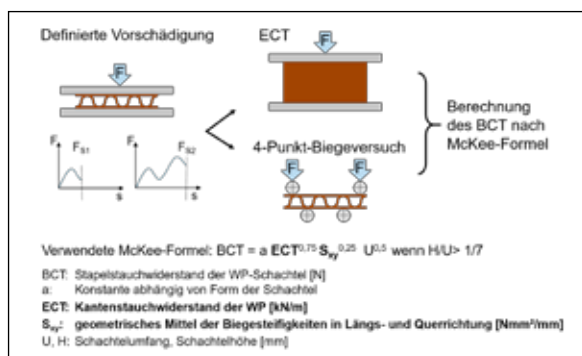
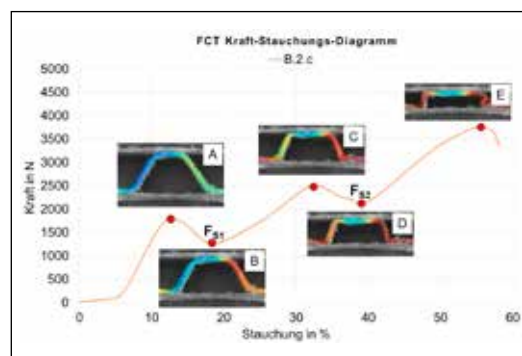


Abb.2 FCT-Versuch mit begleitender optischer Dehnfeldanalyse



anschließend, elastisches und plastisches Deformationsverhalten zu differenzieren. Grundsätzlich ist zu erwarten, dass durch plastische Deformation das Tragverhalten der Wellpappenverpackung negativ beeinflusst wird. Dementsprechend war es notwendig zu untersuchen, in wie weit die Schädigung durch Stauchen sowohl einen Einfluss auf den tatsächlichen, als auch auf den nach der McKee-Formel berechneten Stauchwiderstand (BCT) hat. Um dies abzudecken, wurden anhand der ersten Ergebnisse Schädigungskriterien definiert und entsprechende Proben mit Schädigungsmerkmalen präpariert. Für die Berechnung des BCT-Wertes umfasste das die Proben für die Bestimmung des Kantenstauchwiderstands (ECT) und der gemittelten 4-Punkt-Biegesteifigkeit (Abbildung 1, Seite 14). Daneben wurden für die Realversuche ebenfalls Schachtelzuschnitte mit definierten Schadensmerkmalen angefertigt. Im Ergebnis wurden die Auswirkungen der Schädigungen auf die tatsächlichen und prognostizierten Stabilitätseigenschaften der Verpackung bewertet.

Nach den durchgeführten Untersuchungen von FCT und ODA ergab die Auswertung, dass bei nahezu allen Sorten ein stufenweises Versagen auftritt. Insbesondere die untersuchten Wellpappen mit B-Wellen, wie Abbildung 2, Seite 14 exemplarisch zeigt, weisen ein recht typisches stufenweises Versagen über zwei lokale Kraftmaxima bis zum endgültigen Versagen auf. Gestützt durch zusätzliche Be- und Entlastungsversuche konnte im Bereich bis zum ersten Kraftmaximum mit Bild A ein elastisches Materialverhalten bei Stauchung identifiziert werden. Im folgenden Kraftverlauf erfolgt dann das erste Versagen (F_{S1}) der Welle einseitig durch einknicken, was im Bild B den rötlichen Bereich durch hohe Materialverschiebung markiert. Das weitere Versagen erfolgt im Übergang vom zweiten lokalen Kraftmaximum von Bild C zu Bild D (F_{S2}) durch weiteres Einknicken, insbesondere des noch intakten Bereichs. Anschließend erfolgt das vollständige Kollabieren der Wellen unmittelbar nach Erreichen des Kraftmaximums, was den eigentlichen FCT-Wert repräsentiert.

Ein zusätzlicher Mehrwert ließ sich nach den Erkenntnissen weiterhin aus dem FCT-Diagramm generieren, in dem sich der Bereich des elastischen Deformationsverhaltens abgrenzen lässt. Um dies auch quantitativ darzustellen, wurde, wie in Abbildung 3 dargestellt, aus dem linearen Kraftanstieg vor dem Erreichen des ersten lokalen Maximums eine Linearfunktion abgeleitet und der Punkt des Kraftverlaufs bestimmt, der um 0,5 % von der Linearisierung abweicht. Dies ist insofern von hoher Bedeutung, dass daraus eine Maximalkraft oder auch eine maximale Stauchung bestimmt werden kann, bis zu der eine Wellpappe bei entsprechender Belastung nicht irreversibel geschädigt wird.

Um weiterhin den Einfluss der Schädigung durch Stauchen auf die Wellpappe bzw. auf die Verpackung hinsichtlich des BCT-Wertes zu untersuchen, wurden die Proben für die Bestimmung des ECT, der 4-Punkt-Biegesteifigkeit sowie die Faltschachtelzuschnitte für die Realversuche mit definierter Vorschädigung durch Stauchen bis F_{S1} und F_{S2} präpariert.

Abb.3 Bestimmung der Grenze des elastischen Bereichs der Stauchung aus dem FCT-Versuch

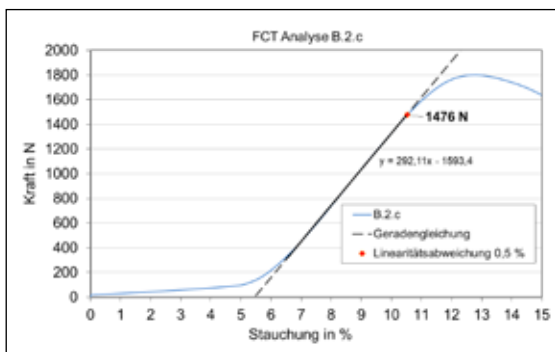
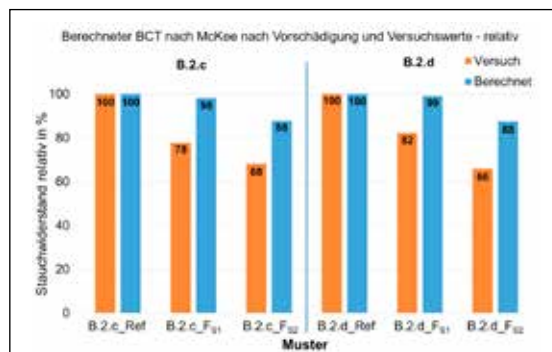


Abb.4 Vergleich der berechneten FCT-Werte gegenüber den Realversuchen



Die Auswertung der ECT-Werte ergab für die beiden Wellpappen mit B-Wellen, dass an den Proben mit Vorschädigung der ersten Stufe bis F_{S1} gegenüber dem Referenzwert keine Veränderung festgestellt werden konnte. Erst mit Schädigung der zweiten Stufe F_{S2} konnte ein Einfluss der Vorschädigung auf den ECT-Wert festgestellt werden, indem dieser um 8 % bzw. 12 % gegenüber dem Referenzwert vermindert war. Dem gegenüber konnte bei der 4-Punkt-Biegesteifigkeit bereits ein Einfluss der Vorschädigung der ersten Stufe F_{S1} gezeigt werden. Hierbei verminderte sich die Biegesteifigkeit bereits um 7 % und 9 %, nach Vorschädigung der Stufe F_{S2} wurden nur noch 76 % bzw. 86 % der ursprünglichen Biegesteifigkeit erreicht. Zusätzlich wurden die Verpackungen aus den vorgeschädigten Schachtelzuschnitten hinsichtlich des BCT geprüft. Die Ergebnisse der berechneten BCT-Werte und die der aus den Realversuchen sind in der Abbildung 4 gegenübergestellt.

Wie der Vergleich der BCT-Werte zeigt, bestehen erhebliche Differenzen zwischen den Versuchswerten und den nach der McKee-Formel berechneten Werten. Es ist festzustellen, dass bereits eine Vorschädigung erster Stufe F_{S1} den Stapelstauchwiderstand und damit die Stabilität der Verpackung um rund 20% herabsetzt. Dem gegenüber steht der nach der McKee-Formel berechnete Wert, welcher praktisch keine Verminderung des Stapelstauchwiderstands prognostizierte. Nach der Schädigung zweiter Stufe F_{S2} reduziert sich die Stabilität der Verpackung um ca. 30 % und liegt damit 20 Prozentpunkte niedriger als der berechnete BCT-Wert.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Berechnung des BCT-Wertes mit der gegebenen McKee-Formel für vorgeschädigte Wellpappen versagt, da sich der Einfluss der Vorschädigung berechnungsmäßig nicht in dem Maße auswirkt wie in den Realversuchen. Insbesondere vor dem Hintergrund, dass bereits eine geringe Vorschädigung ausreicht, um die Stabilität der Verpackung um 20 % zu reduzieren, sollte in den Verarbeitungsprozessen besonderes Augenmerk darauf liegen, den elastischen Bereich der Wellpappe bei senkrechter Druckbeanspruchung nicht zu überschreiten. Ein Kennwert dafür kann wie gezeigt aus dem FCT-Versuch abgeleitet werden. Demnach lassen sich für sämtliche Verarbeitungsschritte der Wellpappe, bei denen eine Flächen- oder Linienbelastung auf die Wellpappe einwirkt, Grenzwerte für die Prozesse einstellen, so dass eine Vorschädigung durch plastische Verformung in jedem Fall ausgeschlossen wird. Für Anlagen und Prozesse, bei denen keine kraftgeregelte Einstellung möglich ist, kann auch die maximale Stauchung von der Ausgangsdicke der Wellpappe bestimmt werden, bis zu der keine Schädigung durch plastische Deformation zu erwarten ist. Durch Berücksichtigung dieser Erkenntnisse wird die Möglichkeit gegeben, eine unmittelbare Einflussnahme auf die Verarbeitungsprozesse zu nehmen, um die Qualität von Verpackungen zu steigern und potentiell Kosten zu senken.

Weitere Bestrebungen der PTS, die Qualität von Wellpappenverpackungen zu verbessern, zielen auf die Vermeidung von Rillfehlern ab. Das dazu geplante öffentliche Forschungsvorhaben hat zum Ziel, eine praxistaugliche Wissensgrundlage zu erarbeiten, die das Rillverhalten von Wellpappe in Abhängigkeit der Materialcharakteristik und den Rillbedingungen beschreibt. Im Endergebnis soll daraus ein praxistaugliches Bewertungskonzept für Wellpappen hinsichtlich der Rillbarkeit entstehen. Die PTS bietet interessierten Firmen aus der Wellpappenindustrie sehr gerne die Möglichkeit zur Projekt-Mitarbeit an.

Kontakt: Dr.-Ing. Elias Staiger, Tel.: (03529) 551 614, elias.staiger@ptspaper.de

Das IGF-Vorhaben 19791 BG der AiF-Forschungsvereinigung Papiertechnische Stiftung – PTS wurde im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert. Der vollständige Forschungsbericht ist im Internet abrufbar unter: www.ptspaper.de

