

Gut zu wissen...

Papierkommission informiert

Das interessiert mich

Von der McKee-Formel zum erforderlichen BCT-Wert

Ach so ist das

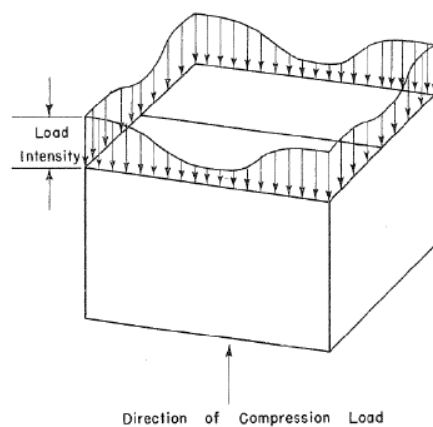
Unsere Kunden wollen ihr Produkt sicher verpackt wissen. Die Verpackung soll den verschiedensten Anforderungen genügen, dabei aber keine Ressourcen durch ein Zuviel an Verpackung verschwenden.

Nun kennt man das zu verpackende Gut und die passende Größe der Verpackung. Das Design und die Einsatzbedingungen sind dabei zusätzliche Kriterien, um eine ausreichende Stapelfähigkeit der Schachteln zu ermitteln. Eine der zentralen Größe ist hier der dynamische Stauchwiderstand (BCT, Box Compression Test) der Schachtel.

Da eine BCT-Messung erst am Ende des Produktionsprozesses möglich ist, stellt sich die Frage, ob der BCT anhand von Festigkeitseigenschaften der Wellpappe vorhergesagt werden kann.

Das will ich genauer wissen

Der Stauchwiderstand gibt die maximale Druckkraft in Newton (N) an, die eine Verpackung aufnehmen kann, ohne einzuknicken.



Bildquelle: McKee, Gander, Wachuta in [1]

Um den dynamischen Stauchwiderstand rechnerisch zu ermitteln, bedient man sich seit über 50 Jahren der McKee-Formel [1]. In dem 1963 veröffentlichten Artikel wird die Berechnungsmethode für die Vorhersage des Stauchwiderstands von Wellpappschachteln auf Basis der Schachtelgeometrie sowie der an Wellpappe gemessenen Festigkeitswerte erläutert.

Die originale McKee Formel beinhaltet neben den geometrischen Variablen der Schachtel den Kantenstauchwiderstand (ECT, Edge Compression Test) und die Biegesteifigkeit (in Längs- und Querrichtung) der Wellpappe als weitere Variablen. Hier liegen ca. 80 % der errechneten BCT-Werte innerhalb von ± 10 % der gemessenen Werte. Da McKee die leichte Anwendbarkeit im täglichen Wirtschaftsleben im Auge hatte, nahm er an seiner Originalformel einige Vereinfachungen und empirische Anpassungen vor.

Die vereinfachte McKee-Formel hat keine Biegesteifigkeit-Komponente mehr und lautet:

$$BCT = a \cdot ECT \cdot \sqrt{T \cdot Z}$$

- BCT – dynamischer Stauchwiderstand der Schachtel, N
- ECT – Kantenstauchwiderstand der Wellpappe, kN/m
- T – Dicke der Wellpappe, mm
- Z – Umfang der Schachtel [$2 \cdot (\text{Länge} + \text{Breite})$], mm
- a – Konstante, ca. 5,3 bei SI-Einheiten (für US-Einheiten beträgt die Konstante 5,87)

Bei der Anwendung dieser vereinfachten Formel liegen ca. 75 % der berechneten Werte innerhalb von ± 10 % der gemessenen Werte, was für die industrielle Praxis meistens ausreichend ist.

Beide McKee-Formeln (die originale und die vereinfachte) sind nur für einfache Schachteln (beispielsweise FEFCO 201) und bei einem Verhältnis Höhe zum Umfang von $\leq 1:7$ gültig.

Der dynamische Stauchwiderstand stellt jedoch nur einen Teil der erforderlichen Stapelfähigkeit einer Wellpappschachtel dar. Aufgrund von spezifischen Einflussgrößen (Materialeigenschaften der Wellpappe, Luftfeuchtigkeit, Transportbelastungen, Lagerdauer oder Stapelart) muss der gemessene oder errechnete BCT-Wert mit entsprechenden Sicherheitsfaktoren durch Multiplikation der einzelnen Sicherheitsfaktoren korrigiert werden [2].

So lässt sich die benötigte statische Belastbarkeit der Schachtel anhand der folgenden Formel beschreiben:

$$BCT_{stat} = BCT \cdot SF$$

BCT_{stat} – statischer Stauchwiderstand der Schachtel, N
 BCT – dynamischer Stauchwiderstand der Schachtel, N
 SF – Sicherheitsfaktor

Dabei hängt die Stapelfähigkeit von der Dauer der Belastung ab. Die Vibrationen und Stöße während des Transports sowie das Handling der Schachteln sind weitere wichtigen Faktoren, die die Stapelfähigkeit negativ beeinflussen können. Nicht zu vernachlässigen sind die klimatischen Bedingungen. Bei einer Zunahme der Wasserdampfmenge in der Luft wird der Stauchwiderstand beeinträchtigt. Einen positiven Beitrag können dagegen die Packgüter leisten, die die Belastung der Schachtel ganz oder teilweise mittragen, sowie bestimmte Methoden der Stapelung (beispielsweise im Verbund, mit Überhang, mit Versatz).

Die verschiedenen Sicherheitsfaktoren sind in zahlreichen Handbüchern, Lehrunterlagen sowie firmeninternen Unterlagen hinterlegt. Diese Faktoren unterliegen, je nach Quelle, einer gewissen Variabilität, die aus unterschiedlichen Erfahrungen resultiert.

In den inzwischen vielen Veröffentlichungen wird die McKee-Formel unter verschiedenen Aspekten diskutiert, kritisch betrachtet oder geändert. Die von McKee vorgestellte Gleichung bzw. deren Vereinfachung behielten jedoch über die Jahrzehnte ihre Gültigkeit und Bedeutung. In einer umfangreichen gemeinsamen Untersuchung des VDW und der VPWP in den Jahren 2016/2017 konnte beispielsweise nachgewiesen werden, dass die McKee-Formel auch beim Einsatz von leichten Wellpappenrohropapieren ihre Gültigkeit behält [3]. Weitere Informationen zum BCT-Prüfverfahren finden Sie auch auf der vom VDW betreuten Webseite www.wellpappe-wissen.de unter dem Suchbegriff "Stauchprüfung".

Literatur:

- [1] McKee, R. C.; Gander, J. W.; Wachuta, J.: Compression strength formula for corrugated boxes, Paperboard Packaging. 38 (1963) 8 - S. 149-159
- [2] Markström, H.: Prüfverfahren und Prüfinstrumente für Wellpappe, Verlag Lorentzen & Wettre, 2001
- [3] Schaffrath, H. J.: Evaluation der Abhängigkeit des BCT-Wertes von Papierparametern. Schlussbericht, Fachgebiet Papierfabrikation und Mechanische Verfahrenstechnik (PMV), TU Darmstadt, 2017

Veröffentlicht: Oktober 2020

Herausgeber:

Verband der Wellpappen-Industrie e.V.

Hilpertstraße 22, 64295 Darmstadt

Tel.: +49 6151 92940; E-Mail: info@wellpappen-industrie.de

Hinweise zur Verarbeitung Ihrer Daten finden Sie unter: www.wellpappen-industrie.de/datenschutz