

Bearbeiter:in Cédric Brunk M. Sc.
Laufzeit Dezember 2020 – Juli 2023
Abteilung Funktions- und Verbundbauweisen
Förderlinie BMWK | AiF IGF Nr. 21513

Abstract

Im Rahmen des Projekts „UniVorsUm“ wurde eine Methode zur Bewertung der Umformbarkeit unterschiedlicher Papiere entwickelt. In Zusammenarbeit mit der Papiertechnischen Stiftung und der Steinbeis Hochschule konnten dabei viele neue Erkenntnisse über unterschiedlichste Papiere gewonnen werden. Zur Methodenentwicklung wurden ein breites Materialspektrum in verschiedenen Charakterisierungsversuchen analysiert und zahlreiche Materialkennwerte erfasst. Parallel dazu wurden die Papiere in den betrachteten Umformverfahren des Tiefziehens mit starren Werkzeugen sowie dem wirkmedienbasierten Tiefziehen umgeformt und aussagekräftige Qualitätsgrößen ermittelt. Die erfassten Werkstoffkennwerte wurden mit den Qualitätsgrößen korreliert, um eine allgemeingültige Methode zur Vorhersage der Umformbarkeit zu ermitteln.

Projektbeschreibung

In enger Kooperation mit der Papiertechnischen Stiftung (PTS) und der Steinbeis Hochschule wird an der Entwicklung von Bewertungsstandards für die Formgebung von Papier mittels Tiefziehen mit starren Werkzeugen und dem wirkmedienbasierten Tiefziehen gearbeitet. Hierzu wird ein breites Materialspektrum industriell verfügbarer Materialgüten sowie im Labor eigens für die Umformung hergestellter Papiere eingehend untersucht und zur Formteilherstellung genutzt.

Im engen Austausch mit der anwendenden Industrie werden Qualitätsparameter zur Beschreibung von Umformergebnissen erarbeitet und auf die vom Verbund hergestellten Formteilgeometrien angewendet. Dadurch liegen zu jedem Material und jeder Form eine Vielzahl von Qualitätsparametern vor, welche das Umformergebnis beschreiben. Am PtU werden dabei die Qualitätsparameter bei der wirkmedienbasierten Umformung betrachtet.

Die im Projektverbund gewonnenen Qualitätsparameter werden nachfolgend mit der Vielzahl von Materialparametern zusammengebracht, die mit den Prüfständen und Versuchseinrichtungen des Verbundes ermittelt werden können. Der Fokus der Materialcharakterisierung liegt am PtU auf der Untersuchung des Materialverhaltens unter biaxialer Zugbelastung sowie des Reibverhaltens.

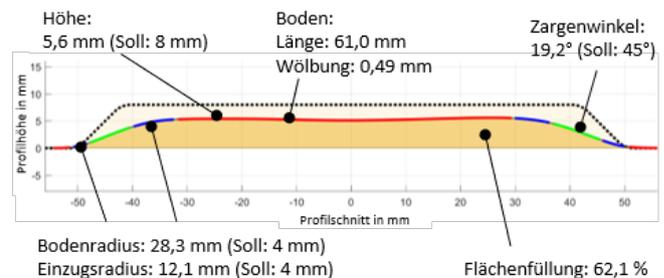
Unter Zuhilfenahme der Methoden des maschinellen Lernens werden anschließend die wesentlichen Korrelationen von Umformqualitäten und Materialeigenschaften identifiziert, sodass

eine eingehende Beschreibung der Umformeignung mit einer reduzierten Anzahl von Kennwerten möglich wird. Das erarbeitete Wissen wird abschließend in einer Prüfmethodik harmonisiert, sodass in der Konsequenz ein Kennwert- und Prüfstandard für die Beurteilung der Umformgüte von Papierwerkstoffen geschaffen werden kann.

Ergebnisse

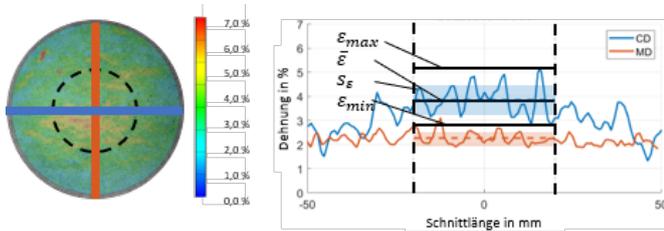
Am PtU wurde in einem Arbeitspaket die wirkmedienbasierte Umformung numerisch untersucht. Hierbei konnten die in der Umformung wirksamen Beanspruchungen des Materials abgeleitet werden. Mithilfe dieser Beanspruchungen konnte identifiziert werden, welche Kenngrößen für die Charakterisierungsversuche von besonders hoher Relevanz und welche Wertebereiche in den Versuchen zu erwarten sind.

Mit dem im Verbund in Rücksprache mit dem projektbegleitenden Ausschuss ausgewählten breiten Materialspektrum von 10 Papieren wurden Umformversuche durchgeführt. Der Fokus der Untersuchungen lag am PtU bei der Umformung mit Wirkmedium. Hierbei wurden drei verschiedenen Umformgeometrien betrachtet, um ein breites Anwendungsspektrum potenzieller Produktverpackungen zu berücksichtigen. Für jedes Material und jede Umformgeometrie wurde ein Prozessfenster abgeleitet, um geeignete Prozessparameter mit maximaler Umformqualität zu bestimmen. Nach Digitalisierung der Probekörper wurden aussagekräftige Qualitätsgrößen ermittelt. Hierbei zeigte sich eine stark materialabhängige Güte der Umformbarkeit. Parallel wurde an der Steinbeis Hochschule das Tiefziehen mit starren Werkzeugen untersucht.



[1] Schnitt durch eine Probe nach wirkmedienbasierter Umformung mit Zielgeometrie (gestrichelte Linie) und Istgeometrie mit identifizierten Qualitätsgrößen

Zur Methodenentwicklung wurde das Materialspektrum in verschiedenen Charakterisierungsversuchen analysiert und zahlreiche Materialkennwerte erfasst. Hierbei wurde am PtU der biaxiale Spannungszustand in einem Tiefungsversuch betrachtet. Durch verschiedene Ausführungsformen des Versuchs konnten elastisches und plastisches Materialverhalten mithilfe digitaler Bildkorrelation abgebildet und zur Quantifizierung aussagekräftiger Kennwerte genutzt werden. In Reibversuchen haben sich bei einigen der untersuchten Papiere die seitenabhängigen tribologischen Eigenschaften als besonders ausgeprägt herausgestellt. An den beiden anderen beteiligten Forschungseinrichtungen wurden weitere Versuche zur Materialcharakterisierung durchgeführt, wobei neben etablierten Prüfverfahren wie dem Zugversuch auch an die Umformung angepasste Verfahren wie die Out-of-plane-Schubprüfung betrachtet wurden.



[2] Im Tiefungsversuch ermittelte lokale Dehnungen (links) sowie Schnitt entlang CD und MD und daraus abgeleiteter Charakterisierungsgrößen (rechts)

Federführend durch die PTS wurden die erfassten Werkstoffkennwerte mit den Qualitätsgrößen korreliert, um eine allgemeingültige Methode zur Vorhersage der Umformbarkeit zu ermitteln. Unter Zuhilfenahme der Methoden des maschinellen Lernens konnte die Anzahl der zur Vorhersage notwendigen Versuche reduziert werden, was eine vereinfachte Durchführung und Anwendung der Methode gewährleistet.

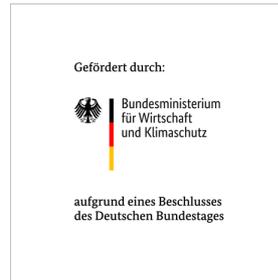
Für die Papierverpackungsindustrie ergibt sich daraus eine Prüfmethodik, nach welchen Materialeigenschaften ein Papier für die Umformung bewertet und ausgewählt werden kann. Zeitgleich erhalten Materialhersteller Zielgrößen für die Entwicklung besonders gut umformbarer Papiere.

Danksagung

Das IGF-Vorhabens Nr. 21513 der Forschungsvereinigung „Papiertechnische Stiftung“ (PTS) wurde über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF) im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Unser Dank gilt weiterhin den Industriepartnern, die das Forschungsprojekt „UniVorsUm“ im Projektbegleitenden Ausschuss unterstützen.

Gefördert durch



Netzwerk



Projektpartner

