

# Naturfasern sanft erwärmt

## Prozessoptimierung durch den Einsatz von Organoblechen aus naturfaserverstärktem Polypropylen (NFPP)

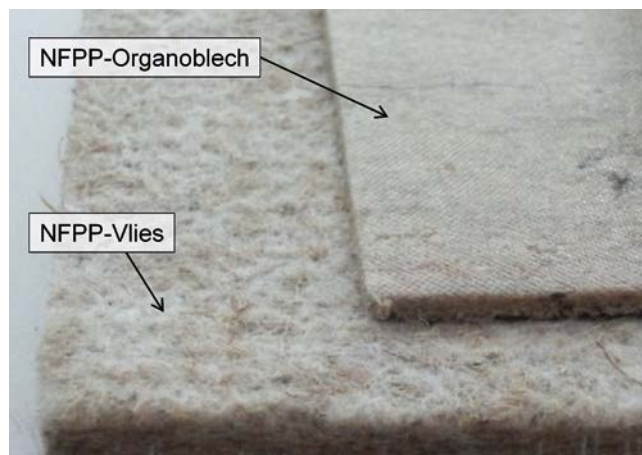
Durch die Verwendung bereits vollständig imprägnierter und konsolidierter Naturfaser-Organobleche, die durch Infrarotstrahlung bis zur Umformbarkeit erwärmt werden, können verschiedene Stationen im herkömmlichen Pressprozess umgangen und somit die Investitionskosten für Verarbeitungsanlagen gesenkt werden.

Naturfasern wie Flachs, Hanf und Kenaf werden seit Jahrzehnten als ökonomisch und ökologisch vorteilhafte Verstärkungsfasern von duroplastischen und thermoplastischen Matrices eingesetzt. Gegenüber konventionellen Verstärkungsfasern wie E-Glas haben Naturfasern den Vorteil, dass sie eine deutlich geringere Dichte und somit herausragende Leichtbaueigenschaften besitzen. Weiterhin werden naturfaserverstärkte Kunststoffe (NFK) im Automobilbau aufgrund von guten mechanischen Eigenschaften, Umweltverträglichkeit, CO<sub>2</sub>-neutraler Energiebilanz, gutem Crash- und Dämpfungsverhalten und guter Formstabilität eingesetzt.

Im Automotive-Bereich hat sich besonders die Kombination aus Bastfasermischungen (z.B. Flachs, Hanf und/oder Kenaf) mit dem thermoplastischen Polymer Polypropylen (PP) durchgesetzt [1]. Neben ökonomischen Vorteilen besitzt PP eine sehr geringe Dichte ( $\sim 0,9 \text{ g/cm}^3$ ), exzellente Verarbeitungseigenschaften, eine gute mechanische Performance sowie eine hohe Schlagzähigkeit.

### Herkömmliche Verarbeitung von naturfaserverstärktem Polypropylen

Für die herkömmliche Herstellung von Bauteilen aus naturfaserverstärktem Polypropylen (NFPP) werden die Naturfaserballen zunächst in einem Ballenöffner aufgelöst, gewogen, mit PP-Schmelzfasern gemischt und anschließend entweder mit dem Krempelprinzip oder der Airlaid-Technologie zu Vliesen verarbeitet. Die nachfolgende Verarbeitung zu ferti-



**Bild 1.** Herkömmliches NFPP-Mischvlies und daraus hergestelltes, vorkompaktiertes Organoblech (Bild: J.H. Ziegler)



**Bild 2.** Zuschnitt eines NFPP-Mischvlieses vor (links) und nach (rechts) der Kompaktierung (Bild: J.H. Ziegler)

gen Bauteilen erfolgt in einem mehrstufigen Pressverfahren. In einer Kalibrierpresse werden die NFPP-Matten mithilfe einer Kontaktheizung zunächst über die Schmelztemperatur der Thermoplaste erwärmt, bevor in der nächsten Presse, dem Laminator, eine Kaschierung klebstofffrei aufgebracht wird. Im letzten Schritt wird das erwärmte Material in ei-

nem Niedrigtemperaturwerkzeug formgepresst. Aufgrund der verschiedenen Pressstationen sind sowohl der Platz- als auch der Investitionsbedarf einer solchen Anlage sehr groß.

Um verschiedene Stationen im herkömmlichen Pressprozess zu umgehen, bedarf es einer innovativen, schonenden Erwärmungsmethode, die einerseits die

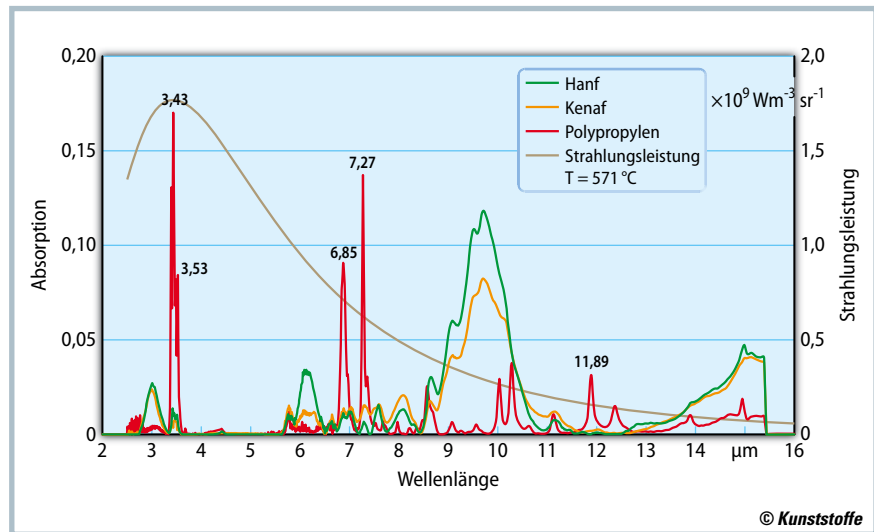
Schmelzfasern schnell erwärmt, andererseits die temperaturempfindlichen Naturfasern schon. Unter Auswahl einer geeigneten Wellenlänge der emittierten Strahlung bietet sich hierfür die Infraroterwärmung (IR) an. Je nach eingestellter Strahlertemperatur können die Schmelzfasern selektiv erwärmt werden, ohne die Naturfasern dabei zu beschädigen.

### Herstellung von Organoblechen

Bisher galt der Einsatz der IR-Strahlungsheizung für NFK als ungeeignet, da aufgrund der unebenen Oberfläche und dem Herausragen einzelner Fasern aus den Platten ein erhebliches Risiko einer Übertemperierung der Materialoberfläche bestand [2].

Um die Erwärmung von NFPP-Vliesstoffen mittels IR-Strahlung zu ermöglichen, müssen die Vliese für einen zufriedenstellenden Wärmetransport in verdichteter, konsolidierter Form, also als Organobleche vorliegen. Diese Halbzeuge eröffnen eine Reihe von Vorteilen gegenüber den herkömmlichen NFPP-Matten, da sie sich durch ein gutes Handling und sehr geringen Platzbedarf bei der Lagerung auszeichnen. Die Fasern sind zudem vollständig mit Matrix umschlossen, was eine verminderte Feuchtaufnahme zur Folge hat. Für den Verarbeiter eröffnet sich die Möglichkeit, Halbzeuge mit festgelegtem Eigenschaftsprofil zu erhalten.

Für eine technisch und wirtschaftlich gerechtfertigte Herstellung von Organoblechen bedarf es eines Konsolidierungsprozesses, welcher sich durch hohe Zuver-



**Bild 3.** Unterschiede in den Absorptionsspektren von PP und den Naturfasern Hanf und Kenaf (Bild: IVW)

lässigkeit und Produktivität auszeichnet. Die J.H. Ziegler GmbH, Achern, entwickelte hierzu als anerkannter Zulieferer der Automobilindustrie für Synthese- und Naturfaservliese einen kontinuierlichen Konsolidierungsprozess, der eine hohe Produktivität aufweist. Nach vollendeter Konsolidierung hat das Material eine Temperatur unterhalb der Erweichungstemperatur des PP. Somit entstehen keine Anhaftungen des thermoplastischen Materials an etwaigen Anlagenteilen, was die Prozesssicherheit im Vergleich zu diskontinuierlichen Konsolidierungsprozessen erhöht.

Je nach Ausgangsmaterial findet eine Verdichtung um den Faktor 3–4 statt. Somit ermöglicht der Prozess eine Konsolidierung auf bis zu  $600 \text{ kg/m}^3$ . **Bild 1** zeigt

ein herkömmliches NF-Mischvlies im Vergleich zu einem Organoblech.

Beim kontinuierlichen Konsolidierungsprozess entstehen kaum Verzüge im Material. Dadurch ist es möglich, dem finalen Bauteil entsprechende Zuschnitte zu fertigen. Diese bleiben auch nach der Kompaktierung erhalten (**Bild 2**). Die abgeschnittenen Vliesstoffe können somit verwertet und Abfall verringert werden.

### Einsatz von Organoblechen und Infraroterwärmung

Die Herstellung von Bauteilen aus konsolidierten Halbzeugen im Umformverfahren überzeugt durch äußerst kurze Prozesszeiten unter einer Mi- **»**

## Die Autoren

**Dipl.-Ing. Jovana Džalto** ist wissenschaftliche Mitarbeiterin im Kompetenzfeld „Presstechnologien“ der Institut für Verbundwerkstoffe GmbH, Kaiserslautern.

**Dr.-Ing. Luisa A. Medina** ist stellvertretende Abteilungsleiterin der Abteilung Verarbeitungstechnik und Leiterin des Kompetenzfelds „Presstechnologien“ der Institut für Verbundwerkstoffe GmbH.

**Dr. rer. nat. Andreas Leppert** ist bei der J.H. Ziegler GmbH, Achern, zuständig für Entwicklungsprojekte.

**Prof. Dr.-Ing. Peter Mitschang** ist technisch-wissenschaftlicher Direktor der Abteilung Verarbeitungstechnik der Institut für Verbundwerkstoffe GmbH und Universitätsprofessor für „Verarbeitungstechnik der Faser-Kunststoff-Verbunde“ an der Technischen Universität Kaiserslautern.

## Service

### Literatur & Digitalversion

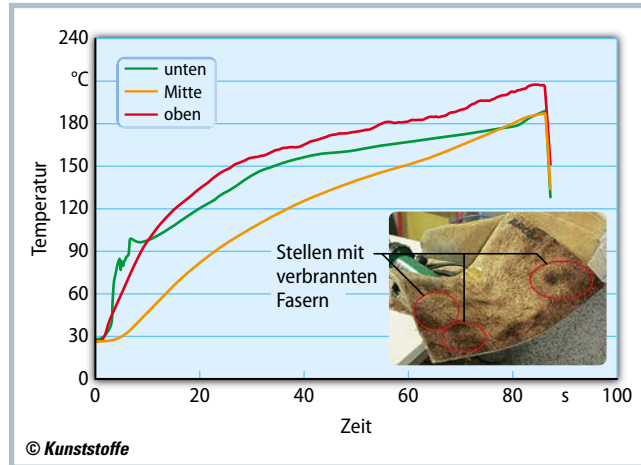
Das Literaturverzeichnis und ein PDF des Artikels finden Sie unter [www.kunststoffe.de/899476](http://www.kunststoffe.de/899476)

### English Version

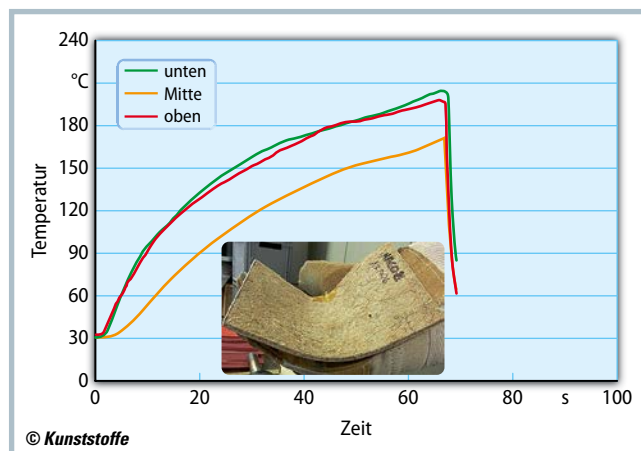
Read the English version of the article in our magazine *Kunststoffe international* or at [www.kunststoffe-international.com](http://www.kunststoffe-international.com)

nute. Dabei werden Organobleche im IR-Feld auf geeignete Temperatur erwärmt und in einem kalten Werkzeug umgeformt.

Bei der Erwärmung von NFPP-Organoblechen kann es bei Temperaturen über 200°C zu einer thermischen Schädigung der Naturfasern kommen, die mit einer Verminderung der mechanischen Performance, einer Geruchsbelastung sowie Verbrennung einhergeht. Um dieses Risiko zu minimieren, liegt eine mögliche Lösung in der selektiven Erwärmung der Matrix durch die Auswahl einer geeigneten IR-Wellenlänge bzw. Temperatur. Ideal ist eine Wellenlänge, die von den Thermoplasten absorbiert, von den Naturfasern jedoch weitestgehend transmittiert wird. Dafür ist es unerlässlich, Leistung und Wellenlänge des IR-Strahlers genau an die Bedürfnisse des jeweiligen Materials anzupassen. **Bild 3** zeigt die stoffspezifischen Absorptionsspektren der Naturfasern Hanf und Kenaf sowie des Polymers PP.



**Bild 4.** IR-Erwärmung eines NF-PP-Mischvlieses und Verbrennungsspuren bei Auswahl einer ungeeigneten Wellenlänge (Bild: IVW)



**Bild 5.** IR-Erwärmung eines NFPP-Mischvlieses bei Auswahl einer geeigneten Wellenlänge (Bild: IVW)

In der Überlagerung der Spektren ist zu erkennen, dass Wellenlängen existieren, die von der Matrix sehr gut absorbiert, von den Fasern jedoch nahezu transmittiert werden.

Die Wellenlänge 3,43 µm ist einer Strahlertemperatur von 571°C zuzuordnen. Die Strahlungsleistung eines IR-Strahlers mit dieser Temperatur ist in den Wellenlängenbereichen, die von Naturfasern sehr gut absorbiert werden, nahezu vernachlässigbar (**Bild 3**).

Aufwärmversuche im Labormaßstab mit einem mittelwelligen IR-Strahler (Typ G14-25-2.5 MINI 7.5, Hersteller: Krelus AG, Oberentfelden/Schweiz) und Organoblechen aus dem Material Haco-loft NFPP der Firma Ziegler bestätigten, dass eine falsch eingestellte IR-Wellenlänge zu Beschädigungen des Fasermaterials und zu langer Prozesszeit führt (**vgl. Bild 4**). Im Gegensatz dazu ist bei optimal gewählter Wellenlänge eine Erwärmung des 3 mm dicken Materials innerhalb von ca. 60 Sekunden bis zur Umformbarkeit möglich, ohne dass die Oberfläche verbrennt (**Bild 5**).

## Umformversuche im industriennahen Maßstab

Nachfolgende Umformversuche in einem industriennahen Maßstab erfolgten an einer hydraulischen Presse mit einer maximalen Presskraft von 80t und einem automatischen Erwärmungsmechanismus im Infrarothelfeld (Hersteller: Geiss AG, Sesslach), welches aus 174 einzeln regelbaren IR-Heizstrahlern besteht. Die NFPP-Organobleche wurden mit einer Federkraft von 9N in einem Spannrahmen eingespannt, der das Material automatisch vom IR-Feld zur Umformpresse fährt. Die NFPP-Organobleche wurden bis zu einer Materialkerntemperatur von 180°C im IR-Feld ca. 60 Sekunden erwärmt und daraufhin kalt (60°C Werkzeugtemperatur) mit 30t Presskraft umgeformt (**Bild 6**). Zur Prozessüberwachung diente ein am Rand der Bleche angebrachtes Thermoelement. Die Organobleche wurden zu einem Hutprofil umgeformt, welches ein unkompliziertes Herausrennen von Probekörpern für mechanische Untersuchungen ermöglicht. So-

wohl bei der Erwärmung als auch der anschließenden Umformung kam es zu keiner optisch erkennbaren Verbrennung der NFK-Organobleche.

Um den Einfluss der Strahlerleistung auf die Qualität des Materials zu überprüfen, wurden die NFPP-Organobleche mit unterschiedlichen Leistungen bestrahlt und erwärmt. Um die Vergleichbarkeit mit dem Labormaßstab zu gewährleisten, wurde mit einer Leistung zwischen 50% und 100% der Maximalleistung in 10%-Schritten variiert. In **Bild 7** sind exemplarisch die Werte von 50% und 100% der maximalen Leistung gegenübergestellt. Die Platten konnten somit von einer Anfangsdicke von ca. 3,2 mm bei 50% Leistung auf eine Enddicke von  $2,0 \pm 0,02$  mm und eine Dichte von  $0,93 \pm 0,04$  g/cm<sup>3</sup> gepresst werden. Bei 100%-iger Leistung konnte das Organoblech auf eine Enddicke von  $2,12 \pm 0,02$  mm sowie eine etwas geringere Dichte von  $0,90 \pm 0,03$  g/cm<sup>3</sup> gepresst werden.

Bei einem Werkzeugspalt von 2,0 mm befinden sich die Enddicken und Dichten im Toleranzbereich von NF-Bauteilen. So-



**Bild 6.** Industrienaher Umformversuch nach erfolgreicher Erwärmung eines NFPP-Mischvlieses im Infrarotfeld (Bild: IVW)

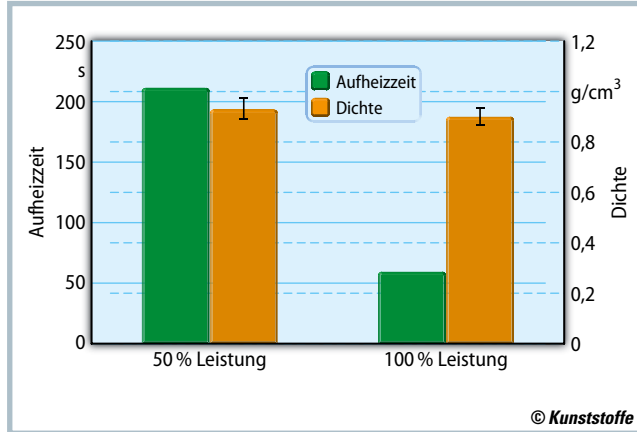
mit konnte in diesem Versuch die Aufheiz- bzw. Zykluszeit um ca. 70% reduziert werden, ohne die Oberflächenqualität des Bauteiles negativ zu beeinflussen

(keine Spuren einer thermischen Zersetzung der Naturfasern).

Um eine qualitative Aussage über den Erwärmungs- und Umformprozess »

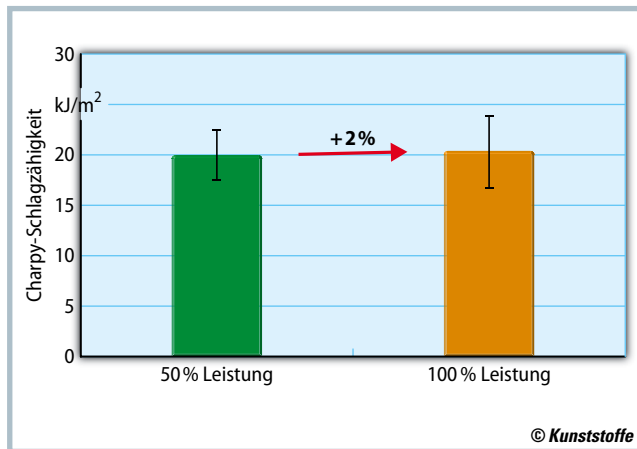
**Bild 7.** Parameter beim industrienahe Umformversuch der NFPP-Mischvliese

(Bild: IVW)



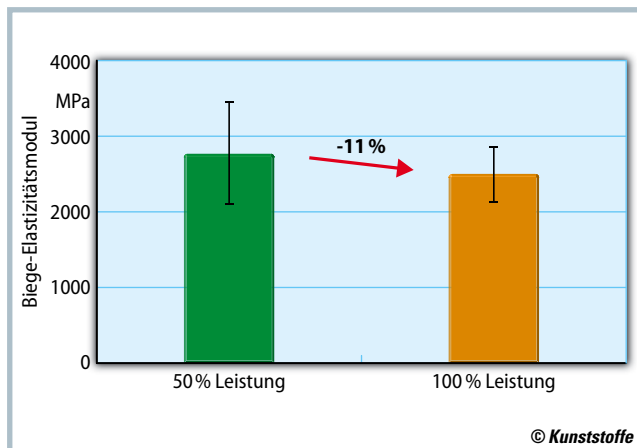
**Bild 8.** Änderung der Schlagzähigkeit eines bei 50% und 100% IR-Leistung aufgewärmten NFPP-Mischvlieses nach dem Umformen

(Bild: IVW)



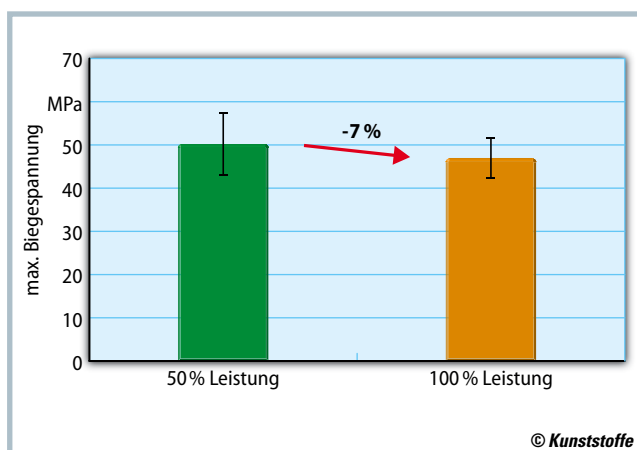
**Bild 9.** Änderung des Biege-Elastizitätsmoduls eines bei 50% und 100% IR-Leistung aufgewärmten NFPP-Mischvlieses nach dem Umformen Materials

(Bild: IVW)



**Bild 10.** Änderung der Biegefestigkeit eines bei 50% und 100% IR-Leistung aufgewärmten NFPP-Mischvlieses nach dem Umformen

(Bild: IVW)



treffen zu können, wurden die Charpy-Schlagzähigkeit nach DIN EN ISO 179-1 sowie der Biege-Elastizitätsmodul und die Biegefestigkeit nach DIN EN ISO 178-1 ermittelt.

**Bild 8** zeigt die Schlagzähigkeit des Materials bei 50% sowie 100% Leistung. Wie zu erwarten war, liegen die Schlagzähigkeitswerte beider Organobleche in einem vergleichbaren Bereich, wobei die Schlagzähigkeit der Platte mit geringerer Dichte (100% Leistung) marginal höher als die Schlagzähigkeit der Platte ist, die bei 50% Leistung erwärmt wurde.

**Bild 9 und 10** zeigen den Biege-Elastizitätsmodul sowie die Biegefestigkeit des Materials bei 50% sowie 100% Erwärmungsleistung. Aufgrund der geringeren Dichte der bei 100% Leistung erwärmten Organobleche, ist ein leichter Abfall des Biege-Elastizitätsmoduls von etwa 11% zu erkennen. Die Biegefestigkeit ist um 7% gesunken, beide Änderungen sind geringer als die Standardabweichungen.

### Fazit

Die herkömmliche Verarbeitung naturfaserverstärkter Kunststoffe erfolgt in einem mehrstufigen Pressverfahren, welches sowohl mit hohen Investitionskosten als auch mit großem Platzbedarf verbunden ist. Unter anderem könnte dies ein Grund dafür sein, dass der Einsatz von NFK in der europäischen Automobilindustrie lediglich bei Premium-Herstellern steigt, während die Hersteller von Mittelklasse-Automobilen den kostengünstigeren Spritzgießprozess bevorzugen.

Diese Arbeit zeigt auf, dass durch die Verwendung von Naturfaser-Organoblechen und IR-Heizung mehrere Stationen im herkömmlichen Pressprozess umgangen werden können. Dazu gehören beispielsweise die Kalibrier- und Laminierpresse. Die Anlagenkosten und der Platzbedarf für die Verarbeitung von NFK können damit um ein Vielfaches reduziert werden. Die hier dargestellten Versuche bestätigen, dass Naturfaser-Halbzeuge ohne Beschädigung durch Infrarotwärme bis zur Umformbarkeit erwärmt werden können. Die festgestellten Änderungen der mechanischen Kennwerte der untersuchten NFPP-Platten sind demnach auf die Änderung der Bauteildichte durch die Kompression beim Umformprozess zurückzuführen, bzw. liegen im Toleranzbereich von NF-Bauteilen. ■