

II.5 Neues Verfahren zur Herstellung von multidirektionalen Gelegen

Referent: Dipl.-Ing. Hans-Jürgen Heinrich
Dipl.-Ing. Jan Grünert
Cetex Chemnitzer Textilmaschinenentwicklung gGmbH
Dipl.-Ing. Gert Zeidler
KARL MAYER Malimo Textilmaschinenfabrik GmbH Chemnitz

1 Einleitung

Faserverbundwerkstoffe finden ein immer breiter werdendes Einsatzspektrum in vielen Bereichen des Fahrzeug-, Maschinen- und Anlagenbaus sowie in der Bauindustrie. Hauptmerkmal sind dabei die hervorragenden spezifischen Eigenschaften des Faserverbundwerkstoffs mit seinem Leichtbaupotential sowie weiteren, an den jeweiligen Einsatzfall anpassbaren Eigenschaften.

Charakterisierend für die Verbundeigenschaften sind dabei Art und Aufbau der eingebetteten textilen Verstärkungsstrukturen. Besonders im Hinblick auf die Umsetzung rationeller Fertigungsverfahren für Faserverbundbauteile spielen die Eigenschaften des Verstärkungstextils eine entscheidende Rolle. Hier erschließen sich für die Anwendung multidirektionaler Gelegestrukturen weite Einsatzfelder.

Auf Grund der gerichteten, gestreckten Faserlagen in den einzelnen Gelegesichten bieten multidirektionale Gelegestrukturen für Faserverbundanwendungen den Vorteil einer hohen Ausnutzung der faserspezifischen Eigenschaften der Hochleistungsfasern. Darüber hinaus ist der Gelegeaufbau in unterschiedlichen Lagenwinkeln und Schichtaufbauten dem geforderten Anwendungsprofil in hohem Maße anpassbar.

In einem neuen Verfahren zur Herstellung multidirektionaler Gelegestrukturen werden angepasste Gelegeaufbauten aus Hochleistungs-Verstärkungsfasern wie Glas-, Kohle- oder Aramidfasern in einem zweistufigen Prozess hergestellt. Das Multidirektionalgelege besitzt dabei einen Lagenaufbau von $+\alpha/0^\circ/-\alpha$, ist chemisch fixiert und liegt als Warenbahnwickel zur Weiterverarbeitung vor.

2 Verfahrensbeschreibung

Das Verfahren zur Herstellung multidirektionaler Gelege besteht aus den beiden Stufen: 1) Herstellung vorfixierter unidirektionaler Materialbahnen und 2) Herstellung von multidirektionalen Gelegen (Abb.1).

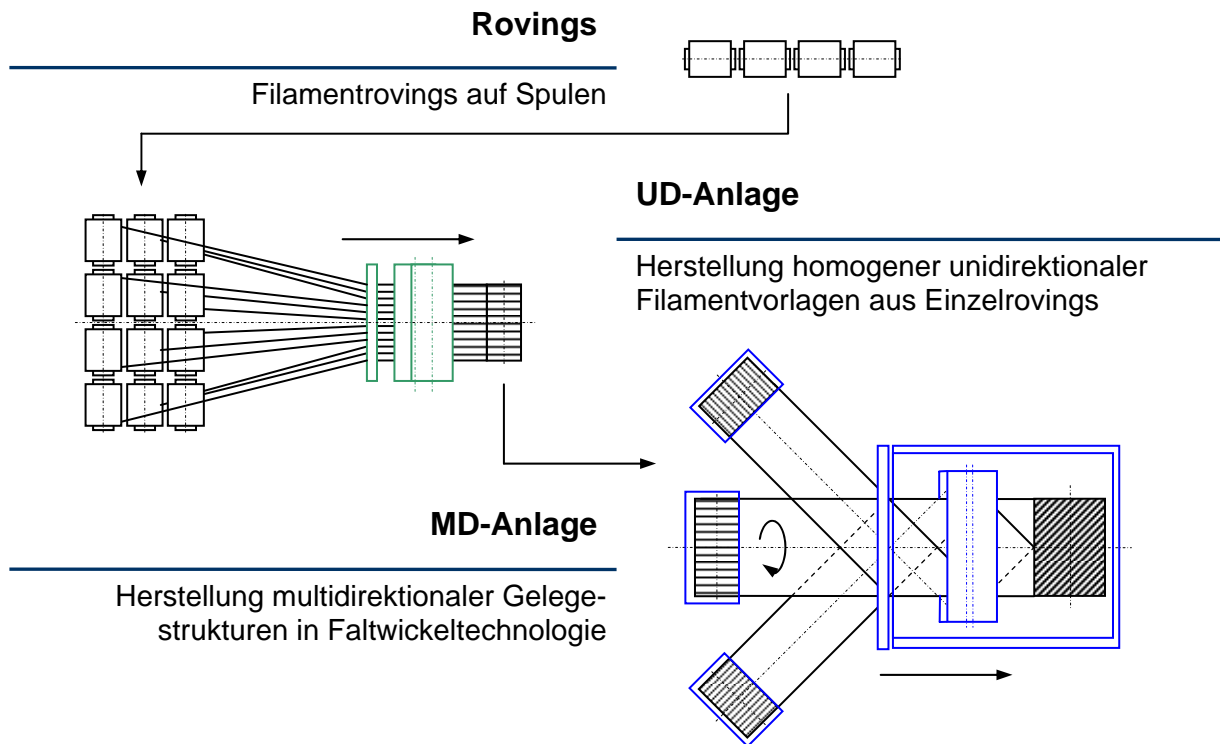


Abb. 1: Verfahrensablauf bei der Herstellung multidirektionaler Gelege

Ausgangsmaterial für das Herstellungsverfahren bilden zunächst die auf Spulen bereitgestellten Verstärkungsfaserrovings. Im ersten Verarbeitungsschritt werden die Rovings aus einem Spulengatter drehungsfrei abgezogen und in der UD-Anlage zu einer unidirektionalen Warenbahn zusammengeführt. Die Einzelfilamente werden dabei parallel ausgerichtet. Über einen chemischen Binder erfolgt die Vorfixierung der unidirektionalen Faservorlage zur Warenbahn, wobei die, durch den zur Herstellung des Multidirektionalgeleges nachfolgenden Prozess, geforderten Eigenschaften des unidirektionalen Geleges wie Flächenmasse und geometrische Parameter auf der UD-Anlage bestimmt werden.

Die Weiterverarbeitung der unidirektionalen Gelegevorlagen zu einer multidirektionalen Gelegestruktur erfolgt anschließend auf der MD-Anlage, wobei eine unter dem Legewinkel α zugeführte Warenbahn um eine weitere in Produktionsrichtung laufende 0° -Bahn spaltfrei gewickelt wird. Das Wickeln und Ablegen erfolgt so, dass ein homogenes multidirektionales Gelege entsteht [1].

3 Herstellung vorfixierter unidirektionaler Materialbahnen

Die aus dem Spulengatter drehungsfrei abgezogen Einzelfaserrovings werden der UD-Anlage vorgelegt wo zunächst eine Ausbreitung der Rovings sowie eine Faser-
verteilung auf das gewünschte Flächengewicht erfolgt. Gleichzeitig wird die Faservor-
lage vergleichmäßig und die Einzelfilamente parallel abgelegt. Als Verstärkungsfa-
sern können, je nach Anwendungsfall alle Arten von Hochleistungsfasern wie
Glas-, Kohle- und Aramidfasern verarbeitet werden (Abb.2, 3).



Abb. 2: UD-Anlage zur Herstellung vorfixierter unidirektionaler Materialbahnen



Abb. 3: Ablaufgatter für Faserrovings an der UD-Anlage

Die parallele Faservorlage wird dann, durch Aufbringen eines chemischen Binders in einer vordefinierten Struktur, d.h. nicht vollflächig, stabilisiert. Als chemische Bindemittel können sowohl permanentklebende als auch heißschmelzende Klebstoffe zum Einsatz kommen. Die Klebstoffe sind mit der späteren Bauteilmatrix kompatibel.

4 Herstellung multidirektionaler Gelege

Die Herstellung der multidirektionalen Gelege erfolgt auf der MD-Anlage in einem Faltwicklerprozess bei dem eine, unter einem Legewinkel α seitlich zugeführte α -Bahn um eine weitere in Produktionsrichtung laufende 0° -Bahn gewickelt, um die Bahnkanten gefaltet und auf der 0° -Bahn abgelegt wird. In der Fixierung erfolgt die Verfestigung der Gelegevorlage zum Multidirektionalgelege (Abb. 4). Das Multidirektionalgelege besitzt den Aufbau $+\alpha/0^\circ/-\alpha$.

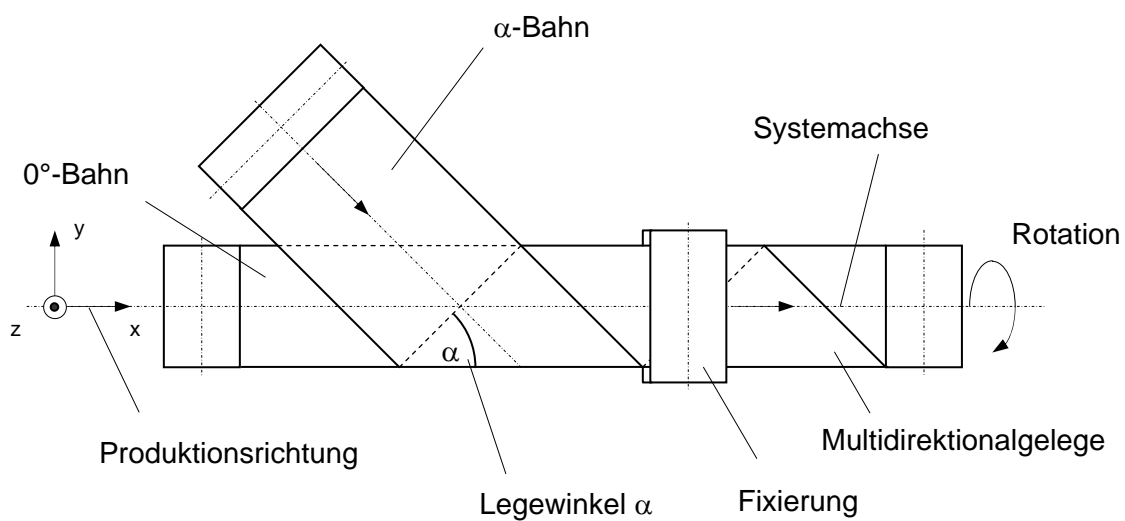


Abb. 4: Gelegeherstellungsprozess

Für den Faltwicklerprozess gelten hinsichtlich der geometrischen und kinematischen Bedingungen besondere Erfordernisse (Abb. 5). Dabei ergeben sich im Prozess Legebreite b und Legelänge L aus den Festlegungen für die Arbeitsbreite B und dem Legewinkel α (Tab.1). Mit den gegebenen geometrischen Bedingungen folgen über die Festlegungen der Rotation Φ des Systems um die x-Koordinatenachse die kinematischen Zusammenhänge zu den verknüpften Bewegungsfunktionen für die Zuführung der α -Bahn, die Produktion sowie die Fixierung und Aufwicklung des Gelegeaufbaus.

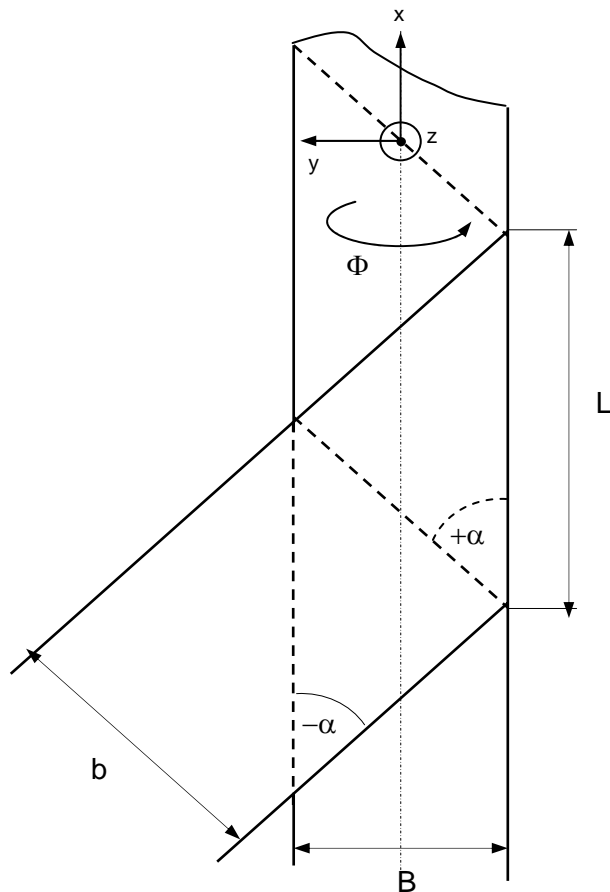


Abb. 5: Modell der Gelegebildung

In weiteren Varianten des Prozesses ist eine beidseitige Zuführung von α -Bahnen sowie eine Erhöhung der Wickelanzahl je Seite möglich, womit die Geometrie der einzelnen α -Wickel in den Grenzen der gegebenen Verfahrensbedingungen variabel ist. Neben der Variation der geometrischen Bedingungen sind auch kinematische Varianten durch eine Bewegungsumkehr bezüglich der Hauptrotation, mit der Rotation der 0° -Bahn und/oder das Umlaufen der α -Bahn um die x-Koordinate des Systems möglich.

Zur praktischen Umsetzung der Faltwickeltechnologie sowie für die versuchsweise Herstellung von multidirektionalen Gelegen nach dem beschriebenen Verfahren wurde eine erste Versuchsanlage bei der Cetex gGmbH aufgebaut (Abb. 6). Auf der MD-Versuchsanlage sind Multidirektionalgelege mit einer Breite von zunächst 600mm herstellbar. Die Verfestigung des Gelegeaufbaus erfolgt über das auf dem vorfixierten unidirektionalen Ausgangsmaterial aufgebrachte permanentklebendem Bindemittel im Kalandar.



Abb. 6: MD-Versuchsanlage (Cetex gGmbH)

Dem Maschinenkonzept der Versuchsanlage liegt die Rotation der 0° -Bahn um die x-Koordinate des Systems als kinematisches Prinzip zu Grunde (Abb. 7). Von einer drehbar gelagerten Kopfplatte wird die 0° -Bahn abgezogen und durch den Kalandrierer zur Aufwicklung geführt. Im unmittelbar an die Kopfplatte angrenzenden Wickelbereich wird die, aus einer Vorrichtung seitlich zugeführte α -Bahn um die Kanten der rotierenden 0° -Bahn gewickelt. Die vorfixierte unidirektionale 0° -Bahn und α -Bahn besitzen adhäsive Kontaktflächen die im Wickelprozess zueinander angeordnet werden. Im nachfolgenden Kalandrierer erfolgt dann unter Druck die Verfestigung des Geleugaufbaus. Kalandrierer und Aufwicklung sind in einem Drehrahmen angeordnet. Zur maschinentechnischen Ausführung des Verfahrens rotieren Kopfplatte und Drehrahmen synchron zueinander.

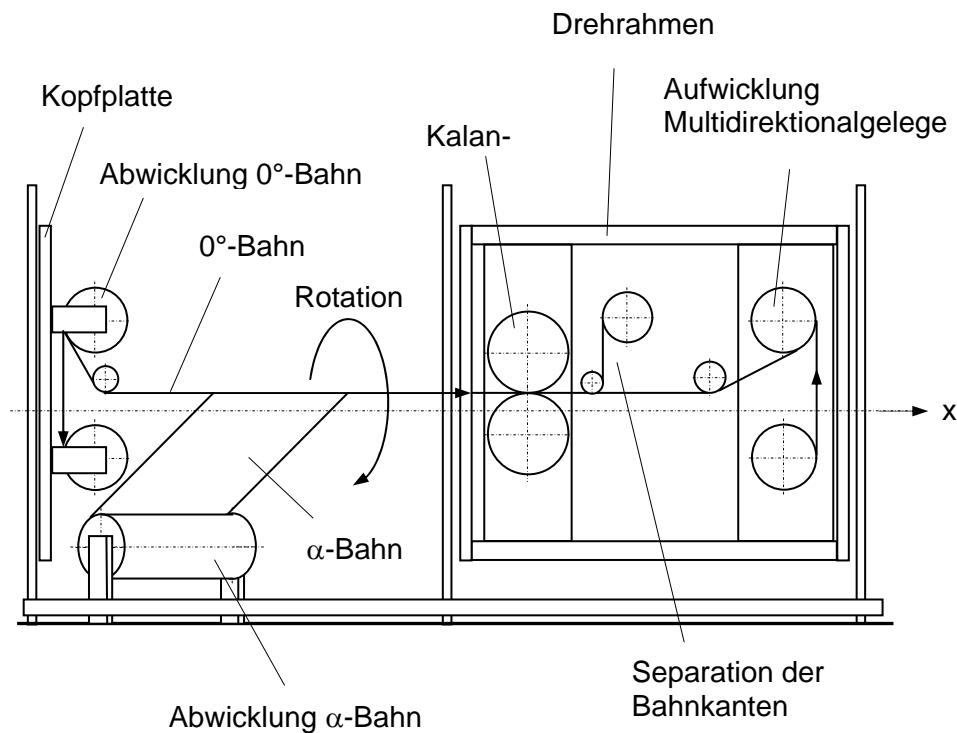


Abb. 7: Maschinenkonzept MD-Versuchsanlage (Cetex gGmbH)

Um ein stabiles Wickeln und Falten zu ermöglichen bestehen besondere Anforderungen an den Kantenbereich der 0° -Bahn. Durch integrierte Spannvorrichtungen werden die erforderlichen Kantenspannungen aufgebracht. Der hochbelastete Kantenbereich wird nach der Verfestigung durch den Kalandrier aus dem Multidirektionalgelege herausgetrennt und separat aufgewunden.

Im Antriebskonzept der Versuchsmaschine sind alle wichtigen Antriebe als stationäre Servoantriebe ausgelegt. Die Ankopplung an den rotierenden Maschinenteil sowie die Bewegungsübertragung in den Rotor hinein erfolgt über Differenzantriebe. Damit ist die unabhängige Steuerung einzelner Bewegungsabläufe während des Wickelvorgangs möglich.

In ersten Versuchen zum Wickelverfahren (Abb. 8) und weiteren Verfahrensuntersuchungen wurden Glasfaser-UDs zu einem multidirektionalen Gelege mit einem Lagenaufbau $+45^\circ/0^\circ/-45^\circ$ verarbeitet. Dabei zeigt sich, dass eine Vielzahl komplex miteinander verbundener Problemstellungen zu lösen sind. Hauptmerkmal sind dabei die Bedingungen an den Bahnkanten der 0° -Bahn da hier die Wickelbedingungen für ein stabiles Ablegen der α -Bahn definiert werden. Ein weiteres Hauptmerkmal ist die Bahnführung der α -Bahn mit der maschinen- und steuerungstechnischen Umsetzung der bestehenden kinematischen Zusammenhänge.

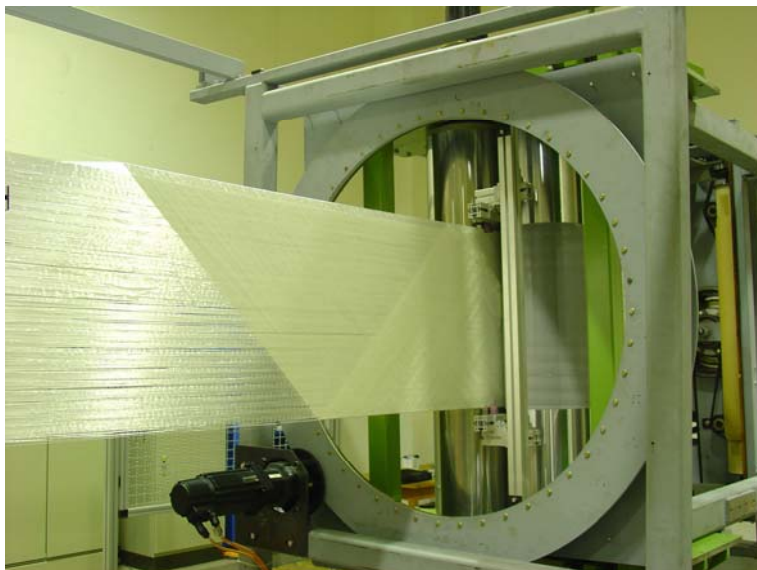


Abb. 8: Versuche zur Gelegeherstellung auf der MD-Versuchsanlage

5 Ausblick

In der Fortführung der Arbeiten zum Herstellungsverfahren für multidirektionale Gelege liegt der Schwerpunkt zunächst auf der Durchführung weiterer umfangreicher Versuche zur Verfahrenstechnologie, zur Prozesssicherheit sowie zur Verarbeitung unterschiedlicher Materialien auf der MD-Versuchsanlage.

Es ergeben sich dabei zwei grundlegende Entwicklungsrichtungen, zum einen die Weiterentwicklung der Maschinen- und Anlagentechnik und zum anderen die Weiterentwicklung des Verfahrens unter Einbeziehung neuer Materialien entsprechend der Erfordernisse der Anwender und Hersteller textiler Verstärkungsstrukturen sowie der Hersteller von Faserverbundbauteilen.

Danksagung

Für die materielle Unterstützung des Projektes danken wir dem BMWA sowie der EuroNorm GmbH, Berlin für die Projektbetreuung. Der Karl Mayer Malimo Maschinenbau GmbH, Chemnitz danken wir für die logistische sowie maschinentechnische Unterstützung.

Literatur

- [1] DE102005000115A1: „Verfahren zur Herstellung einer multidirektionalen Gelegebahn“, AT: 13.09.2005, Cetex gGmbH, Chemnitz, DE