

$$\cos(x) = \sum_{k=0}^{\infty} (-1)^k \frac{x^{2k}}{(2k)!}$$

Mechanische Mehrachsprüfungen biologischer Strukturen

# Pflanzen stehen Pate

Mit der Prüfmaschine Inspekt 3axis 20-5-500 lassen sich Mehrachsprüfungen an biologischen Strukturen durchführen



Mit einer Spezialprüfmaschine erforschen Freiburger Wissenschaftler die mechanischen Eigenschaften verzweigter biologischer Strukturen. Mit den Erkenntnissen können sie Konstruktionsprinzipien und Problemlösungen der Natur quantifizieren und deren Umsetzungspotenzial in technische Anwendungen ermitteln.

Der Beitrag wurde erstellt nach Informationen der Hegewald & Peschke Meß- und Prüftechnik GmbH, Nossen, sowie der Plant Biomechanics Group Freiburg der Universität Freiburg, Freiburg im Breisgau

Da sich Pflanzen im Laufe der Evolution mit unterschiedlichen Strategien an statische (Eigengewicht, Blätter, Schnee) und dynamische Lasten (Wind) angepasst haben, liefern ihre Anatomie und Morphologie wichtige Informationen für das Prinzipverständnis (zum Beispiel Schwingungsdämpfung) und somit für biomimetrische Umsetzungen. So können zum Beispiel sehr leichte verzweigte Strukturen entwickelt werden, die hohe Dämpfung und hohe Bruchfestigkeit aufweisen. Die Plant Biomechanics Group Freiburg beschäftigt sich mit der mechanischen Bedeutung der Faseranordnungen und führt Versuche zur maximalen Bruchlast, zur Bruchzähigkeit sowie zum Bruchverhalten der Verzweigungen durch. Dazu setzen die Wissenschaftler auf die Prüfmaschine „Inspekt 3axis 20-5-500“ von Hegewald & Peschke, mit der an bis zu drei Achsen gleichzeitig geprüft werden kann.

### Faserverbundmaterial mit vier Pflanzenpaten

Inspiriert durch biologische Vorbilder entstand zum Beispiel ein

bionisches Faserverbundmaterial mit erstaunlichen Eigenschaften. Der Hintergrund: Gräser und Schachtelhalme sind aus mechanischer Sicht Leichtbaukonstruktionen: Trotz hohler Stängel und dünner Halmwände sind sie erstaunlich stabil. Betrachtet man Pflanzen aus der Sicht der Materialforschung, sind ihre Achsen Verbundmaterialien. Sie sind nicht aus einem einzigen homogenen Material aufgebaut, sondern bestehen aus verschiedenen Zellen und Geweben mit unterschiedlichen mechanischen Eigenschaften. Im Freiland sind Pflanzen neben der Schwerkraft teils auch großen Windbelastungen ausgesetzt. Selbst bei hohen Biegebelastungen bilden die Gewebe einen festen Verbund und trennen sich nicht voneinander. Für den „Technischen Pflanzenhalm“ haben vier biologische Vorbilder die „Patenschaft“ übernommen. Mehrere Konstruktionsprinzipien der Natur wurden übertragen und führten zu einem völlig neuen bionischen Produkt, das es so vorher weder in der Natur noch in der Technik gab. Es entstand ein strukturoptimiertes Faserverbundmaterial, das Stabilität und Leichtigkeit kombiniert.

### Biometrische Kabeleinführungen

Ein anderes Projekt befasst sich mit der Entwicklung neuartiger Kabeleinführungen, die auf funktioneller Morphologie von Pflanzen und Tieren beruhen: Ein häufig auftretendes Problem konventioneller Kabeleinführungen ist, dass Kabel und Stecker nicht gleichzeitig durchgeführt werden können, da die Einführungen ein zu geringes Öffnungs-/Schließverhältnis haben. Die bionischen Kabeleinführungen ermöglichen es Kabel zusammen mit Steckern durchzuführen und diese staubdicht zu verschließen. Möglich wurde dies durch Forschung an verschiedenartigen Organismen; fündig wurde man schließlich bei Würmern und Seeigeln sowie bei

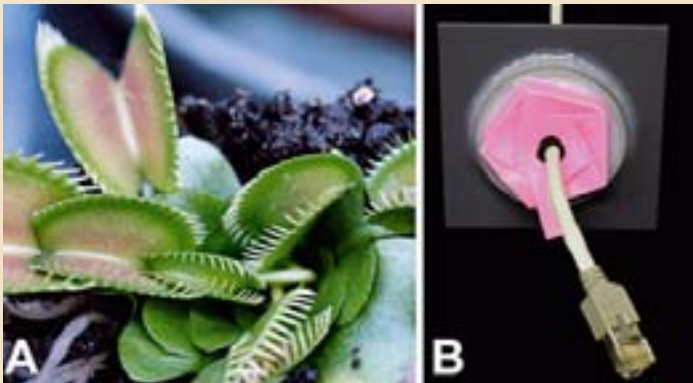
Blüten und Blättern. Eines der Modelle der bionischen Kabeleinführungen hatte als natürliches Vorbild die Blüten und Fangblätter der Venusfliegenfalle. Die unterschiedlichen Schließprinzipien wurden umgesetzt und führten zu der Entwicklung von Kabeleinführungen mit einem bistabilen Fall- und Klappmechanismus.

### 3-achsige Prüfmaschine für biologische Strukturen

Für die Mehrachsprüfung besteht der Prüfraum der Maschine aus einer unteren und oberen Festtraverse sowie einer dazwischen liegenden Fahrtraverse. Ein Teil dieser Fahrtraverse ist wie ein Schlitten aufgebaut, kann somit in horizontaler Richtung (X-Ebene) bewegt werden und eine Querkraft erzeugen. In die untere Festtraverse ist eine rotierende Aufspannplatte eingebaut, die eine Drehbewegung um die Z-Achse ermöglicht. Zwischen dieser Fest- und der Fahrtraverse befindet sich der Prüfraum, in dem die je-

### Der Anbieter

Hegewald & Peschke entwickelt, produziert und vertreibt seit 1990 Maschinen, Komponenten und Softwarelösungen zur Werkstoff-, Bauteil- und Komponentenprüfung. Hierzu gehören beispielsweise Universalprüfmaschinen, Härteprüfgeräte, Bauteil- und Möbelprüfstände sowie verschiedene Längenmessvorrichtungen für Industrie und Forschung. Die 50 Mitarbeiter des Unternehmens bieten zudem verschiedene Services rund um das Thema Prüfen und Messen sowie die Nachrüstung von Universalprüfmaschinen. Das Unternehmen betreibt ein eigenes DKD-Kalibrierlabor und kooperiert eng mit Hochschulen und Universitäten.



Vorbild der bionischen Kabeleinführung war die Venusfliegenfalle



„Technischer Pflanzenhalm“: Er vereint Stabilität mit Leichtigkeit

weiligen biologischen Strukturen eingespannt werden. Mit der Prüfmaschine Inspekt 3axis 20-5-500 können Mehrachsprüfungen an Normproben, Formelementen, Bauteilen und -gruppen durchgeführt werden. Sie erzeugt Kräfte bis zu einer maximalen Last von 20 kN in

Z-Richtung, 5 kN in X-Richtung und Drehmomente bis 500 Nm um die Z-Achse.

### Synchrone Erfassung von Messkanälen

Jeder angetriebenen Achse ist jeweils ein externer Steuercontainer zugeordnet. Dieser ist mit allen Elementen der Spannungsversorgung, einem digitalen Controller, einem Servoverstärker und einem Not-Aus-Steuergerät ausgestattet, an das auch Peripheriegeräte für die Arbeitssicherheit der gesamten Prüfanlage angeschlossen werden können. Mit Hilfe des Controllers erfolgt die eigentliche Steuerung der Inspekt 3axis 20-5-500 sowie die Datenerfassung für die Untersuchung von biologischen Strukturen. Jeder Controller regelt hierfür eine Antriebsachse und überwacht die Soft- und Hardware-Endschalter. Außerdem ermöglicht die digitale Steuerung das gleichzeitige Erfassen von Messwerten.

Für die Regelung kann der Controller dazu drei Kanäle (Kraft, Traversenweg, externer Weg) benutzen. Dieser besitzt eine hohe Kraftauflösung von 180 000 Schritten bei 20 ms Integrationszeit, weshalb keine Messbereiche umgeschaltet werden müssen. Außerdem zeichnet sich der Controller durch einem I2-Bussystem für maximal zwei Erweiterungskarten und eine hohe Rechenleistung aus. Das manuelle Verfahren und Positionieren der Inspekt 3axis 20-5-500 für die Prüfaufgaben des Botanischen Gartens Freiburg erfolgt über ein Bedienpanel der Software „Labcontrol“.

**Online-Info**  
[www.kem.de/0310412](http://www.kem.de/0310412)

## Der Anwender

Die Plant Biomechanics Group Freiburg deckt die Wertschöpfungskette von biologischer Grundlagenforschung bis zur Entwicklung bionischer Produkte im Labormaßstab ab. Im Zentrum stehen Leichtbau- und Haftstrukturen sowie Gradientenmaterialien, Faserverbünde und Smart Materials. Schwerpunkt der Arbeit ist die quantitative Analyse des Zusammenhangs von Form, Struktur und Funktion bei Pflanzen und dessen Übertragung in innovative technische Produkte. Durch die Einbindung des Botanischen Gartens steht eine große Vielfalt von Pflanzen als biologische Vorbilder zur Verfügung. [www.botanischer-garten.uni-freiburg.de/plantbiomechanicsgroup.htm](http://www.botanischer-garten.uni-freiburg.de/plantbiomechanicsgroup.htm)