

*Pro Jahr und Hektar
verkräftet unser Wald
15 Kilo Stickstoff –
aber 40 bekommt er ab*

verantwortlich gemacht wurde, drastisch gesunken ist, hat der Stickstoff-Eintrag teilweise noch zugenommen. 10 bis 15 Kilogramm Stickstoff verkräftet der Wald pro Jahr und Hektar. De facto gehen aber vielerorts heute 40 und mehr Kilogramm auf ihn nieder – als Stickoxide (NO_x) aus Verkehrsabgasen oder als Ammonium-Ionen (NH_4^+) aus den Gülle-dämpfen, die aus Viehstall und gejauchtem Acker strömen.

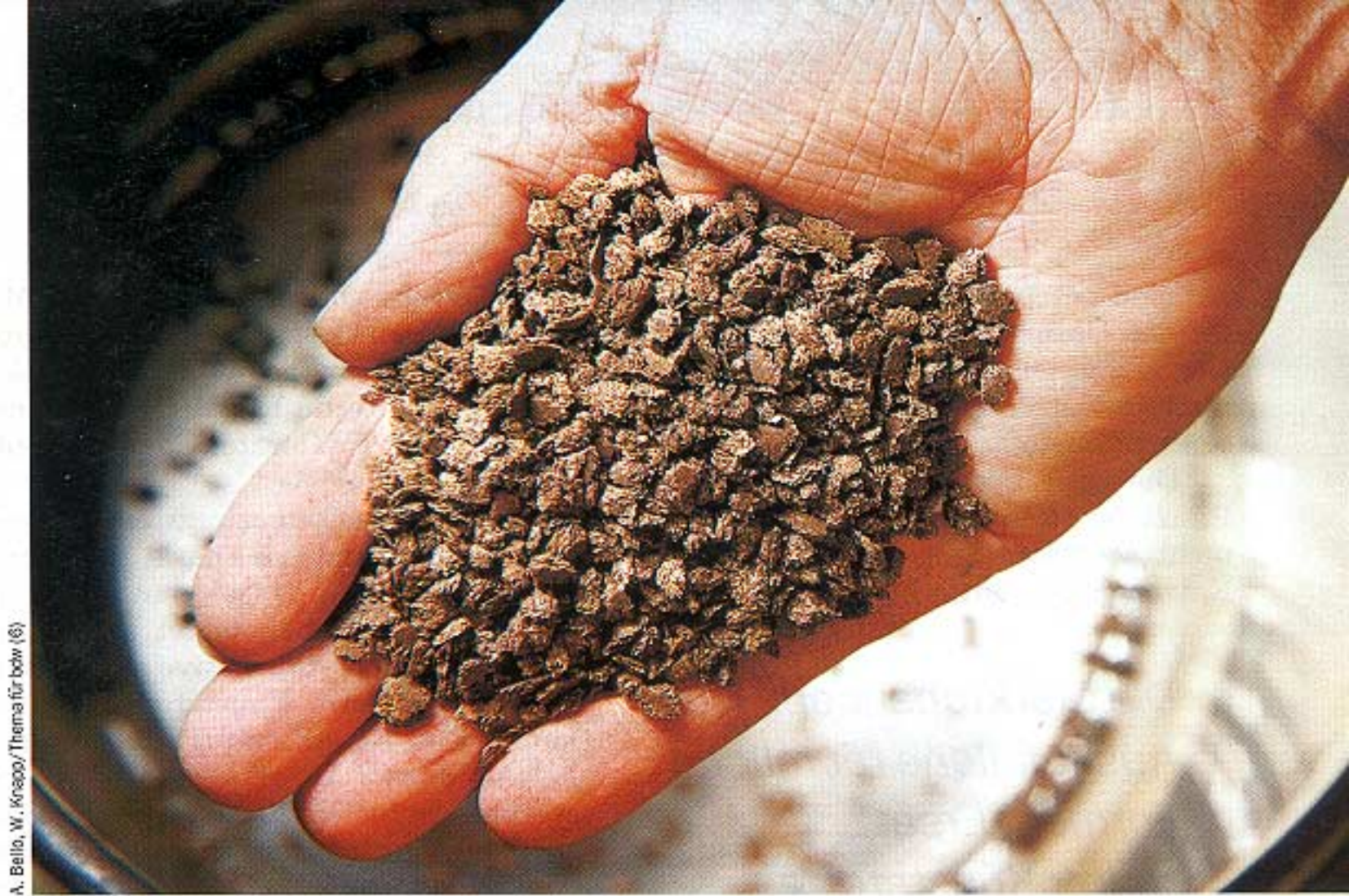
Bernhard Ulrich, emeritierter Professor am Institut für Bodenkunde und Waldernährung der Universität Göttingen, einer der Pioniere der Waldschadensforschung, gibt eine skeptische Prognose: Der sinnvolle und richtige Aufbau von Mischwäldern mittels naturnahem Waldbau dürfte sich angesichts anhaltend hoher Stickstoffeinträge als Illusion erweisen. Eine neu heranwachsende, stickstoffliebende Begleitvegetation könne den Nachwuchs der Bäume verdrängen. Ulrich: „Die ersten Anzeichen dafür sind erkennbar.“

Durch die zerstörten Kronen dringt mehr Licht auf den Boden. Dort wächst plötzlich Ungewohntes. In manchem norddeutschen Kiefernwald ist der Boden heute mit Landreitgras bedeckt, in Buchenwäldern zeigt sich hier und da seit wenigen Jahren eine geschlossene Brennesselschicht. Auch Sträucher wie Himbeere und Brombeere profitieren von der neuen Situation.

Bernhard Ulrich: „Bleiben die Stickstoffeinträge noch 30 Jahre so hoch, werden die Forstämter die Bodenvegetation im Wald bekämpfen müssen, damit überhaupt noch Bäume nachwachsen – hoffentlich nicht mit Herbiziden.“ Und auch das gehe sicherlich nur für begrenzte Zeiträume: „Im Wald müssen Sie in Jahrhunderten rechnen. Und gegen die Natur kann man auf die Dauer nicht wirtschaften.“

i Mehr Infos zum Thema auf Seite 99

*Dr. Bernhard Epping, Biologe und
ständiger Autor in bild der wissenschaft*



A. Bello, W. Knapo/Thema für bfw (6)

„Arboform“: Das Granulat aus Hanf und Lignin, einem Abfallprodukt der Zellstoffgewinnung aus Holz, wird oberhalb von 110 Grad Celsius flüssig.

HOLZWERKSTOFF

Baumstark: Flüssiges Holz

Der älteste Werkstoff wird zum modernsten. Tüftler verwirklichten eine visionäre Idee: Holz verflüssigen und zu beliebiger Form erstarren lassen. In diesen Tagen beginnt die Fertigung eines der natürlichsten Kunststoffe, die es je gab.

Weltpremiere: In Pfnztal bei Karlsruhe feierte man im Januar 2000 nicht nur, wie überall auf der Welt, den Start in ein neues Jahrhundert. In dem kleinen Ort am Fuß des Nordschwarzwalds beginnt gleichzeitig ein neues Kapitel Technikgeschichte.

„Arboform“ haben seine Schöpfer das Material getauft, das hier erstmals kommerziell verarbeitet wird. Wie das geschieht, erinnert an die Produktion von Schokoladen-Nikoläusen: Bei denen wird erhitzte, flüssige Schokolade maschinell in Hohlformen geblasen, wo sie zu den süßen Zipfelmützentragern erstarrt.

Schokoladenbraun sind auch die Arboform-Produkte. Nur, daß hier kein süßer Brei aus Zucker, Kakao und Milchpulver in die Formen spritzt, sondern Flüssigholz. Es erstarrt zu festen Gegenständen, die technischen Zug-, Druck- und Biegetests ebenso standhalten wie einem abergläubischen „Klopfen auf Holz“: von gewachsenem, natürlichem Vollholz kaum zu unterscheiden.

„Es ist der Marktauftritt eines faserverstärkten Kunststoffs, der ganz aus nachwachsenden Rohstoffen besteht“, sagt Diplom-Ingenieur Helmut Nägele. Der Polymertechnik-Fachmann und sein Kollege Jürgen Pfit- →



Pulpe in schlechten alten Zeiten ins nächste Gewässer geleitet – in Entwicklungsländern noch heute.

Hierzulande ist das verboten. Doch das lästige Nebenprodukt findet bisher lediglich zu etwa fünf Prozent Verwendung als Bindemittel für Pressplatten, als Stabilisator für Asphalt oder als Betonzuschlag. Mit dem Löwenanteil des Lignins werden derzeit lediglich die Re-

aktoren bei der Zellstoff-Fabrikation beheizt.

Das wurmte schon Anfang der neunziger Jahre einen Tüftler namens Paul Wüning. Der Gedanke ließ ihn nicht los, Lignin tauge für Besseres. Er schaffte es, durch ein spezielles Verfahren eine Ligninart herzustellen, die sich unzerstört schmelzen und wieder verfestigen läßt – die Chemiker nennen das einen →

*Lignin zum
Schmelzen gebracht
wie Schokolade*

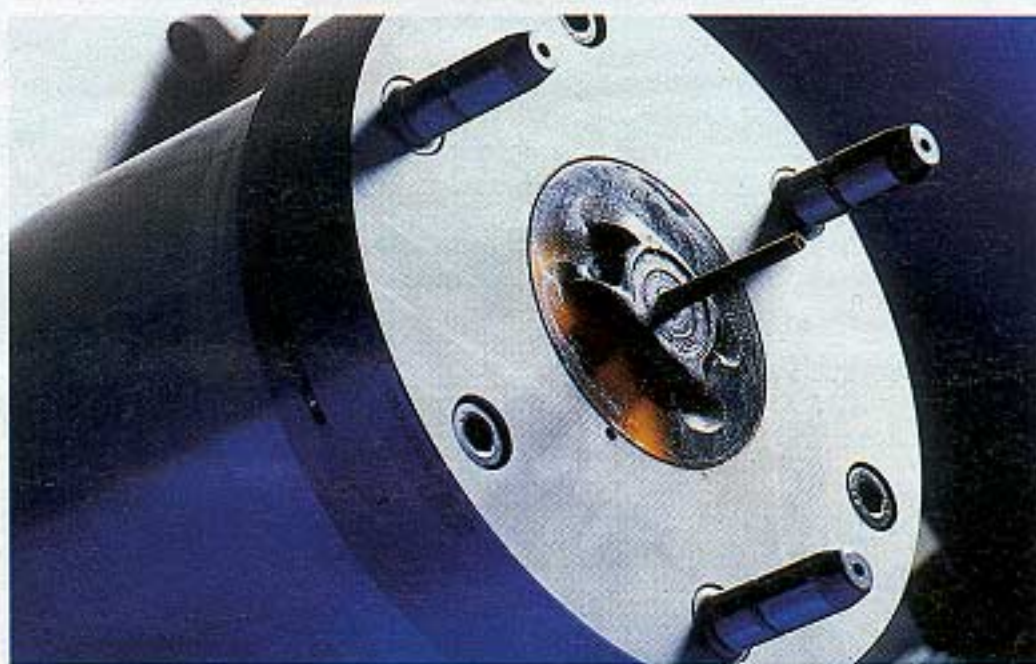
„Thermoplasten“. Ein großer Teil der Kunststoffe, beispielsweise Polyethylen, gehören in diese Kategorie und lassen sich geschmolzen bequem verarbeiten – nach dem Nikolaus-Prinzip.

Das Potential zu einem erstklassigen technischen Konstruktionswerkstoff

Wünnings Ziel: das Natur-Polymer Lignin, verschnitten mit einer Faserkomponente, als Granulat aufbereiten und in Spritzgußmaschinen zu beliebigen Formen verarbeiten. Er schloß sich mit einem Chemiekonzern zusammen. Zuvor, 1996, war bereits ein Kontakt mit dem Fraunhofer-Institut zustande gekommen. Das ICT verfügte über die nötige Expertise, um die Entwicklungsarbeit an neuartigen Lignin-Werkstoffen voranzutreiben – zumal Instituts-Chef Eyerer auch Direktor des Instituts für Kunststoffprüfung und Kunststoffkunde an der Universität Stuttgart ist.

Gegen eines sträubten sich schon bald die ICT-Wissenschaftler, nämlich in erster Linie an geringwertige Produkte wie etwa Pflanztöpfe für Gärtnereien zu denken. Helmut Nägele erinnert sich: „Wir waren sicher, daß viel mehr in diesem Material steckte – das Potential zu einem erstklassigen Konstruktionswerkstoff. Man mußte allerdings die Lignin-Faser-Mischung und das Verarbeitungsverfahren neu entwickeln.“

Gewehrchaft aus Arboform: Billiger als glasfaserverstärktes Polyamid und von Natur-Holz kaum zu unterscheiden.



Hölzerne Uhrengehäuse (ganz oben: Prototyp) will der Pforzheimer Uhrenhersteller Lacher aus verflüssigtem Arboform spritzen lassen. Als Spritzgußwerkzeug fertigte die Tecnar eine Epoxidharz-Form (darunter, Bildmitte).

Zwei Jahre gingen mit dieser Optimierungsarbeit ins Land. Die ICT-Wissenschaftler durchmusterten auf Messen die unterschiedlichsten Faserkomponenten, von Chinaschilf über Sisal bis Flachs, die dem resultierenden Verbundwerkstoff die nötige Zugfestigkeit verleihen könnten – so wie das stählerne Innenskelett einer Stahlbetonwand. „Hanf wurde schließlich unser Favorit“, sagt Nägele. „Er neigt zwar zum Verfilzen, so daß man die Fasern vor der Verarbeitung erst einmal vereinzeln muß. Außerdem ist es schwierig, Hanf mit geschmol-

*So dicht wie
natürliches, gepreßtes
Buchenhartholz*

zenem Lignin zu mischen. Aber diese Fasern sind einfach mechanisch stabiler als alle anderen.“

1000 Bar Druck und 110 bis 180 Grad Celsius herrschen in der Spritzgußmaschine, wenn geschmolzenes, faserhaltiges Lignin-Granulat – das flüssige Holz – in die jeweilige Hohlform geblasen wird. Höhere Temperaturen als 180 Grad Celsius wären abträglich, weil dann die Fasern zu verkohlen beginnen. Weniger als 110 Grad verbieten sich ebenfalls, weil erst ab dieser Temperatur das Lignin vollständig geschmolzen ist.

Was die Maschine verläßt, geht unverkennbar über die Qualität einer Span- oder Faserplatte hinaus. Ob Arboform-Uhrgehäuse oder -Türklinke: Mit einer Dichte von 1,3 Gramm pro Kubikzentimeter weisen die Produkte dieselbe Dichte auf wie natürliches, gepreßtes Buchenhartholz und fassen sich genauso an.

Das Jahr 1999 brachte den Erfolg. Helmut Nägele: „Wir haben das Material und die Verfahren zur Verarbeitung zum Patent angemeldet und ein eigenes Unternehmen gegründet. Wir glauben an den Erfolg unserer Technologie und gehen jetzt in den Markt.“ Mit ihren zunächst fünf Mitarbeitern kann die Tecnar im Ein-Schicht-Betrieb pro Monat etwa fünf Tonnen Arboform-Produkte stemmen.

Und das ohne gerümpfte Nasen in der Nachbarschaft. „Noch vor einem Jahr waren unsere Produkte mit einem gewissen Waldbrand-Aroma behaftet“, räumt Nägele schmunzelnd ein. „Aber das haben wir ihnen jetzt durch einen Verfahrenstrick abgewöhnt.“

i Mehr Infos zum Thema auf Seite 99

Thorwald Ewe, bdw-Redakteur für Technik und Umwelt / Chemie