

Nanocellulose

Cellulose ist das häufigste Strukturmaterial in Pflanzen und findet sich direkt oder in Form von so genannten Cellulosederivaten auch in wichtigen Industrieprodukten wieder. Das Spektrum ihrer technischen Nutzung reicht vom Papier über Kleister bis hin zu Filtermaterialien oder Sprengstoffen. Aktuell richtet sich das Interesse auf drei neue Arten von Cellulose, die alle als Nanocellulose bezeichnet werden. Von diesen Materialien verspricht man sich besonders anspruchsvolle Anwendungsmöglichkeiten im Hochtechnologiebereich. Ihre Herstellung ist bisher allerdings erst in Pilotanlagen möglich.

Die so genannte mikrofibrillierte Cellulose (MFC) lässt sich durch Hochdruckhomogenisierung von Holzstoff bei hohen Temperaturen herstellen. Sie besteht aus Cellulosefasern variabler Länge (0,1 bis mehrere Mikrometer) und einem Durchmesser von 5 bis 60 Nanometern. In Wasser bilden schon geringe Konzentrationen von MFC sehr feste Gele. Aus diesen Gelen lassen sich transparente, sehr reißfeste Folien herstellen. Die wichtigste Anwendung von MFC ist jedoch als Zusatzstoff in Papier und Kunststoffen, um deren mechanische Stabilität zu verbessern. Diese Anwendung ist für Kunststoffe aus biologischen Ausgangsmaterialien (z. B. Stärkeschäume) besonders interessant, da MFC ebenfalls aus einem Naturstoff gewonnen wird und damit den „Bio-Charakter“ nicht verfälscht. Weitere Einsatzgebiete gibt es z.B. als umweltfreundliche Bohrhilfsmittel in der Erdölindustrie. Da der ursprüngliche Herstellungsprozess von mikrofibrillierter Cellulose sehr energieaufwändig ist, wird derzeit intensiv an der Kommerzialisierung von effizienteren Verfahren gearbeitet.

Nanokristalline Cellulose (NCC) wird durch partielle Hydrolyse von klassischer Cellulose hergestellt. Ihre als „Whisker“ bezeichneten Fasern haben ähnliche Abmessungen wie die Fasern in MFC. Im Gegensatz zu MFC-Fasern bestehen sie jedoch fast ausschließlich aus kristalliner Cellulose. Im Allgemeinen wird NCC durch chemische Umsetzungen modifiziert, um Suspensionen in verschiedenen Lösungsmitteln zu

ermöglichen. Stabile Suspensionen sind einerseits interessant, da sie Eigenschaften von Flüssigkristallen haben, andererseits stellen sie wichtige Zwischenprodukte bei der Verarbeitung von NCC dar. Durch ihre hohe mechanische Stabilität eignen sich die NCC-Whisker sehr gut als verstärkende Zusätze in Polymermaterialien. Typische Produkte sind hochreißfeste transparente Filme (z. B. als Grundlage für flexible Displays) und sehr leichte, aber dennoch stabile Aerogele (z. B. als Strukturelemente und zur thermischen Isolierung). Darüber hinaus ist NCC als Bestandteil von leichter Körperpanzerung und schussicherem Glas interessant. Auf dem amerikanischen Kontinent entstehen gerade die ersten Pilotanlagen für die industrielle Herstellung von NCC.

Bakterielle Nanocellulose (BNC) wird durch die biochemische Polymerisation von niedermolekularen Bausteinen (z. B. Traubenzucker) erhalten. Typische Faserdurchmesser sind hierbei 20 bis 100 Nanometer. BNC ist ein fest geknüpftes Netz aus unterschiedlich langen Fasern. Die einzelnen Fasern des Polymernetzes sind hochkristallin (80 bis 90 Prozent) und ähnlich fest wie Stahl oder Aramidfasern (z. B. Kevlar). Durch die Wahl der zur Herstellung eingesetzten Mikroorganismen (zumeist Essigsäurebakterien) und der verwendeten Umgebungsparameter können die Eigenschaften der Fasernetze gezielt beeinflusst werden. Auch die Form des im ersten Prozessschritt gebildeten Polymergels (in der Regel über 99 Prozent Wassergehalt) kann durch die Art des Bioreaktors gesteuert werden. Diese primär gebildeten Polymergelkörper können direkt genutzt (z. B. als Implantate) oder getrocknet werden (z. B. für wasserbindende Wundauflagen). Häufiger werden jedoch weitere Prozessschritte angeschlossen, z.B. um das primäre Netzwerk als Matrix für den Aufbau von Verbundwerkstoffen zu nutzen.

In der Medizin wird BNC vor allem im Zusammenhang mit Implantaten und Wundauflagen diskutiert. Implantate aus BNC sind ungiftig und rufen keine Abstoßungsreaktionen hervor. Durch ihre Ähnlichkeit

mit menschlichen Kollagennetzwerken verwachsen sie sehr gut mit körpereigenen Strukturen. Typischerweise werden BNC-Implantate daher als 3D-Schablonen für die Neubildung von menschlichem Gewebe verwendet (z. B. für Blutgefäße). Wundauflagen aus BNC werden vor allem für die Therapie chronischer Verletzungen und zur Abdeckung von Brandwunden entwickelt. Sie müssen aufgrund ihrer guten Verträglichkeit und hohen Wasseraufnahmefähigkeit seltener als andere Verbände gewechselt werden. Zusätzlich können keimtötende Silbernanopartikel eingelagert werden. Auch die industrielle Synthese von BNC in Bioreaktoren ist derzeit auf dem Stand von kleinen Pilotanlagen. Eine neuere Entwicklung ist die Herstellung durch Kulturen von genetisch modifizierten Cyanobakterien („Blualgen“). Diese sind in der Lage, den als Ausgangsstoff benötigten Traubenzucker durch Photosynthese aus Kohlendioxid und Wasser zu erzeugen. Damit könnten sie in Zukunft die großtechnische Herstellung von BNC unter Nutzung von Sonnenlicht erlauben.

Allen drei Formen von Nanocellulose ist gemein, dass ihre Herstellung auf biologischen Ausgangsstoffen basiert. Trotzdem weisen sie erstaunliche Eigenschaften auf, die man eher bei chemisch-synthetischen Hightech-Materialien erwarten würde. Der biologische Ursprung und die gute Verfügbarkeit der Ausgangsmaterialien lassen vor allem bei MFC und NCC in näherer Zukunft eine Massenproduktion zu günstigen Preisen erwarten. Bei diesen beiden Formen der Nanocellulose gibt es mit der Holz- und Papierindustrie bereits eine industrielle Basis mit großer Finanzkraft und einem hohen Interesse an der Produktion hochwertiger Celluloseprodukte. BNC ist noch weiter von großen Produktionsvolumen entfernt. Hier werden die nächsten Jahre zeigen, ob sich dieses neue Material sowohl hinsichtlich des Preises als auch in der Verwendbarkeit gegen konkurrierende Stoffe (wie z. B. Carbonfasern oder Graphen) durchsetzen kann.

Dr. Joachim Buriel