

Viskose-Spezialfasern für Filtrationsanwendungen

Ph. Wimmer*

Viskosefasern sind Cellulosefasern, die in einem chemischen Prozess aus Zellstoff hergestellt werden. Dabei lassen sich nicht nur Fasereigenschaften zielgerichtet auf die Produktionstechniken zur Herstellung von Filtermedien einstellen, sondern auch regionale und jahreszeitliche Schwankungen der natürlichen Rohstoffe ausgleichen. Fasern mit funktionellen Additiven beeinflussen das Ergebnis der Filtration nicht nur mit ihren physikalischen sondern auch mit den chemischen Eigenschaften des inkorporierten Additivs. Durch die Diffusionsoffenheit der Fasern in wässrigen Systemen und Gasen bleibt die volle Wirksamkeit der im Faserinneren homogen verteilten Additive erhalten. Feinste, staubförmige Additivpartikel lassen sich in Fasern inkorporiert ohne Probleme und Gefährdungen durch Stäube zu Filtermedien verarbeiten. Viskosefasern unterschiedlicher Längen werden als Rohstoff zur Filterpapierherstellung mit dem Ziel der Regulierung der Porosität oder zur Herstellung von Vliesstoffen und Textilien für Filter eingesetzt. Ein wichtiges Einsatzgebiet für Viskosefasern sind beispielsweise Filtermedien für die Lebensmittelfiltration, da die Fasern geschmacksneutral und physiologisch sowie hygienisch absolut unbedenklich sind.

1. Einleitung

Cellulose ist das Polymer der Beta-Glucose und zählt damit ebenso wie Stärke zu den Polysacchariden. Als Bestandteil der Zellwände von Pflanzen ist sie das am weitesten verbreitete (Bio-) Polymer. Natürliche Cellulosefasern treten in reiner Form beispielsweise in Baumwolle auf, häufig aber auch als Bestandteil natürlicher Faserverbundstoffe wie Holz. Aufgrund ihrer unterschiedlichen geometrischen Formen lassen sich diese Fasern zu einer Vielzahl höchst unterschiedlicher Produkte weiterverarbeiten, beispielsweise zu Textilien und Papier. /1/

Cellulose ist biokompatibel, vollständig biologisch abbaubar, physiologisch neutral und nicht allergen. Dementsprechend eignet sie sich auch für Anwendungen im Lebensmittel-, Medizin- und Hygienebereich. Cellulose kann große Mengen Wasser im Faserinneren speichern, da sie äußerst hydrophil ist und eine hohe Saugfähigkeit hat, sich jedoch nicht in Wasser löst.

Viskosefasern sind Cellulose-Regeneratfasern und können aus nahezu jedem cellulosehaltigen Rohstoff hergestellt werden. Im Regelfall werden Viskosefasern in einem mehrstufigen chemischen Prozess aus Holz hergestellt, dessen erster Schritt der aus der Papierherstellung bekannte Zellstoffprozess ist. Hier wird die Cellulose von anderen Bestandteilen des Holzes, hauptsächlich Lignin und Hemicellulosen, getrennt.

Um die Cellulose zu Viskosefasern spinnen zu können, wird im Viskoseprozess zunächst eine Alkalibehandlung mit Natronlauge durchgeführt. An der gebildeten Alkalicellulose, einem weißen faserigen Pulver, wird die Länge der Polymerketten kontrolliert eingestellt und anschließend die reaktive Alkalicellulose mit Kohlenstoffdisulfid zum Cellulosexanthogenat umgesetzt, einer gelblichen Substanz. Durch Auflösen des frisch gebildeten Xanthogenats in Natronlauge wird die sogenannte Spinnmasse, eine hochviskose Flüssigkeit mit honigartigem Aussehen, erhalten.

Beim Einpressen der Spinnmasse durch eine Spinndüse in ein Schwefelsäurebad fällt das Cellulosexanthogenat als Filament aus und es bilden sich anschließend Viskose (Cellulose) und Schwefelkohlenstoff, welcher wieder in den Prozess zurückgeführt wird. Die Viskosefaser-Filamente werden im weiteren Prozessverlauf verstreckt, gewaschen, zu Fasern geschnitten und getrocknet. /2/

* Dr. Philipp Wimmer
F&E Viskose, Technical Manager New Business
Kelheim Fibres GmbH
Regensburger Str. 109, 93309 Kelheim
Tel.: +49 (0)9441 99-219, Fax: +49 (0)9441 99-1219
E-Mail: philipp.wimmer@kelheim-fibres.com

Das Zweitprodukt des Prozesses ist Natriumsulfat, ein wichtiger Rohstoff für die Glas- und Waschmittelindustrie.

Im Viskoseprozess wird also lediglich Cellulose in Cellulose umgewandelt. Dennoch unterscheiden sich die Eigenschaften der Viskosefasern beträchtlich von denen der eingesetzten Rohmaterialien, da im Viskosefaserprozess unter anderem Faserdurchmesser und Faserlänge eingestellt werden. Darüber hinaus ermöglicht der Prozess auch die kontrollierte chemische Modifikation der Fasern.

2. Fasermodifikation zur Herstellung von Filtermedien

In der Natur kommen Cellulosefasern nur in einem begrenzten Umfang an Fasergeometrien vor. Unterschiede bestehen zwischen Cellulosen aus unterschiedlichen Faserpflanzen, beispielsweise Baumwolle, Bambus oder Holz, aber auch zwischen Cellulosen aus gleichen Pflanzen, jedoch aus anderen geographischen Wachstumsregionen. Auch jahreszeitliche und Wettereinflüsse wirken sich auf die Fasereigenschaften aus. Diese starken Schwankungen lassen sich in den meisten Fällen bei der Weiterverarbeitung nicht vollständig ausschalten oder stören diese

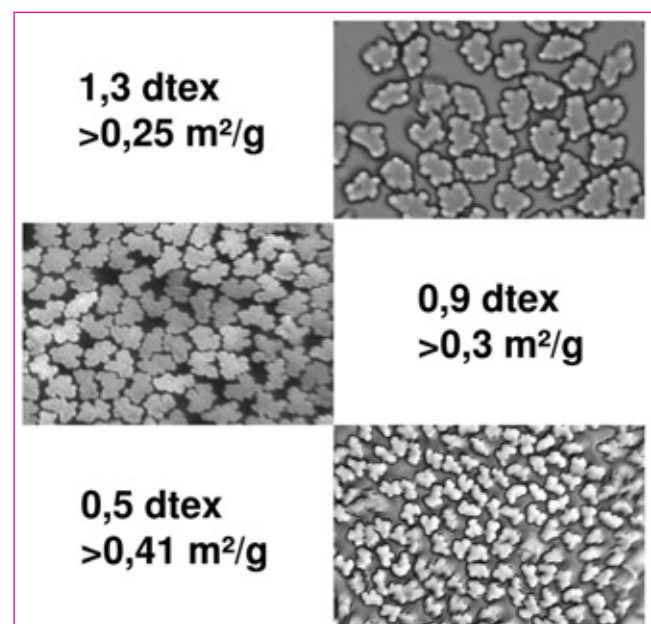


Abb. 1: Abhängigkeit der Faseroberfläche vom Fasertiter



sogar, zumal zahlreiche Technologien zur Herstellung cellulosehaltiger Filtermedien den Einsatz von Rohstoffen mit einer sehr engen Bandbreite an Eigenschaften erfordern.

Zur Herstellung von Textilien und Vliesstoffen werden beispielsweise deutlich längere Fasern als für die Herstellung von Papieren benötigt. Für die Herstellung von Nadelvliesen eignen sich längere Fasern besser als kürzere Fasern, die für die Herstellung von wasserstrahlverfestigten Vliesstoffen vollkommen ausreichend sind.

Im Viskoseprozess werden die nach dem Zellstoffprozess noch vorhandenen Schwankungen der Rohstoffeigenschaften durch gezielte Einstellung der Prozessparameter ausgeglichen, so dass an der Spinn Düse immer gleiche Produkteigenschaften herrschen. Die Spinnmasse mit gleichbleibenden Eigenschaften ermöglicht nun eine gezielte Einstellung der Fasereigenschaften.

Der Einfluß der folgenden Fasermodifikationen auf die Eigenschaften von Filtermedien wird im Folgenden näher erläutert:

- Veränderungen der Fasergeometrie (Querschnitt, Länge, Dicke),
- Chemische Faserveränderungen,
- Einbettung funktioneller Additive in eine Viskosefasermatrix.

Viskosefasern ermöglichen im Gegensatz zu thermoplastischen Fasern wie Polyester oder Polypropylen eine schnelle Diffusion von wässrigen Flüssigkeiten und Gasen. Es können deshalb auch chemisch wirksame Additive inkorporiert werden, die einen direkten Kontakt zu Reaktionspartnern erfordern.

Viskosefasern besitzen eine gute Temperaturstabilität ohne Erweichung. Der Zersetzungspunkt der Cellulose liegt deutlich über dem Erweichungspunkt der meisten thermoplastischen Fasern, der vielfach die obere Temperaturgrenze der Anwendbarkeit darstellt.

3. Einfluss der Fasergeometrie auf die Filter- und Filtrationseigenschaften

Die Faserlänge hat hauptsächlich Einfluß auf die Verarbeitbarkeit der Fasern zu Filtern. Der Einfluß auf die Filtereigenschaften ist meistens indirekt und ergibt sich aus den grundlegenden Unterschieden zwischen den Verarbeitungstechnologien und den daraus resultierenden Produkten. Gerade in Verbindung mit Naturfasern ist die Einstellbarkeit der Faserlänge ein großer Vorteil, da sich diese zwar unter Qualitätsverlusten kürzen lassen, keinesfalls jedoch verlängern lassen.

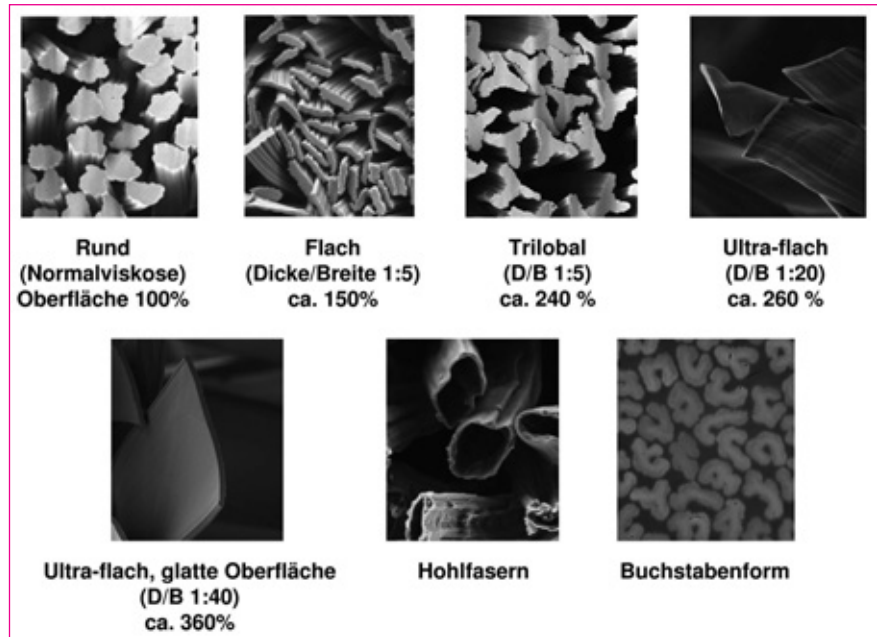


Abb. 2: Faserquerschnitte von Viskosefasern, Oberflächen ausgewählter Querschnittsformen im Vergleich zu Normalviskose

Ein bedeutender Markt für Viskosefasern sind Filterpapiere. Diese werden üblicherweise aus Zellstoffen mit Faserlängen von ca. 1 bis 10 mm hergestellt. Viskosefasern werden als Kurzschnitt mit präziser, reproduzierbarer Schnittlänge im Bereich von 3 bis 12 mm angeboten. Die Kurzschnittfasern sind vollständig mit Zellstoff kompatibel und lassen sich gut im Pulper dispergieren, sind also gebrauchsfertig für den Papierprozess. Im Filterpapier selbst hat die Faserlänge kaum Einfluß auf die Filtrationseigenschaften, dafür aber umso mehr auf die Festigkeit. Insbesondere die Weiterreißfestigkeit der Papiere nimmt mit steigender Faserlänge deutlich zu.

Filterpapiere werden nicht nur in Industrie- und Fahrzeugfiltern verbaut, sondern insbesondere auch im Bereich der Lebensmittelfiltration eingesetzt. Aufgrund der positiven physiologischen Eigenschaften der Viskosefasern, selbst bei hohen Temperaturen, sind lebensmittelgeeignete Filterpapiere ein wichtiger Markt für Viskosefaser-Kurzschnitt. Bekannte viskosefaserhaltige Papiere sind unter anderem Teebeutel- und Kaffeepadpapiere zur Flüssigfiltration und Plugwrap-Papiere von Zigaretten zur Gasfiltration. Beim Rauchen sorgen diese um den Filter gewickelten porösen Papiere für leichteren Rauch, indem sie den Zutritt von Luft durch den Filtermantel in den Rauchstrom regulieren.

Die Viskosefasern werden diesen Papieren in erster Linie zur Erhöhung der Porosität und zu deren Regelung zugesetzt. Die Porosität der Filterpapiere kann dabei sowohl durch die Einsatzmenge an Viskosefasern als auch durch deren Titer beeinflusst werden.

Der Fasertiter ist ein Maß für den Durchmesser der (als rund angesehenen) Fasern und wird üblicherweise in der Einheit tex angegeben (1 tex = 1 g / 1.000 m Faser). Viskosefasern werden im Titerbereich von ca. 0,5 dtex bis deutlich über 10 dtex produziert. Dies entspricht Faserdurchmessern von ca. 6 µm bis deutlich über 30 µm.

Fasern mit hohem Titer erhöhen die Porosität wesentlich stärker durch Erniedrigung der Papierdichte als Fasern mit niedrigem Titer, die dafür bis zu einem gewissen Anteil im Papier die Festigkeit erhöhen /3/.

Der Fasertiter bzw. Faserdurchmesser beeinflusst nicht nur bei den Papierfiltern die Filtereigenschaften. Die Faseroberfläche in Filtern, welche Partikeln zur Anlagerung oder bei chemisch funktionalisierten Fasern als „Membranoberfläche“ zur Diffusion ins Faserinnere zur Verfügung steht, hängt unmittelbar mit dem Titer zusammen.

Bei Mikrofasern mit < 1 dtex ist dabei eine besonders starke Erhöhung der Faseroberfläche mit abnehmendem Titer zu beobachten (Abb. 1).

Einen weitaus stärkeren Einfluss als der Titer auf die Faseroberfläche im Filter hat der Faserquerschnitt, der sich im Herstellprozess der Viskosefasern einstellen lässt. Im Vergleich zur Wolkenform der „runden“ Standardviskose kann die Oberfläche bei gleichem Filtergewicht auf mehr als Dreifache erhöht werden (Abb. 2).

Auch andere Filtereigenschaften, beispielsweise der Luftwiderstand, lassen sich durch den Faserquerschnitt modifizieren. Filter aus trilobalen Fasern haben einen geringen Luftwiderstand in Verbin-

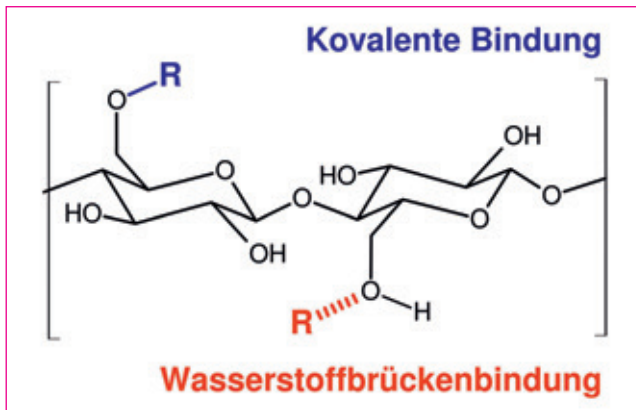


Abb. 3: Beispiele für Bindungsmöglichkeiten am Cellulosemolekül



Abb. 4: Farbstoffaufnahme kationischer Danufil® Deep Dye Viskosefasern (blaue Stellen) im Vergleich zu Normalviskose (weiße Stellen)

dung mit einer hohen Faseroberfläche, weshalb Zigarettenfilter üblicherweise aus trilobalen Celluloseacetatfasern hergestellt werden.

Auch andere Querschnittsformen beeinflussen deutlich die Filtereigenschaften. Die stark zerklüfteten buchstabenförmigen Umberto-Fasern haben zahlreiche vor der Strömung gut geschützte Hohlräume, in denen eingetragene Partikel gut festgehalten werden. Segmentierte Hohlfasern vom Typ Bramante sind in trockenem Zustand kollabiert. Bei Kontakt mit Wasser quellen diese auf und lagern das Wasser in ihrem Hohlraum ein. Der freie Filterquerschnitt wird durch die Quellung deutlich reduziert und dadurch der Filterwiderstand erhöht. Die Quellung ist reversibel, eingelagertes flüssiges Wasser wird als Luftfeuchtigkeit ausgetragen. Da das Wasser in einem Hohlraum im Faserinneren gebunden ist, kann auch durch hohe Strömungsgeschwindigkeiten einmal gebundenes Wasser nicht wieder ausgetragen werden.

Auf die Eigenschaften von Filterpapieren haben die Faserquerschnitte ebenfalls einen großen Einfluss. Wie zuvor bereits erläutert, erhöhen runde Fasern deren Porosität durch Verringerung der Papierdichte, wodurch der Filterwiderstand sinkt. Trilobale Fasern wirken vergleichbar.

Im Gegensatz zu runden und trilobalen Fasern erhöhen Flachfasern den Filterwiderstand und die Dichte der Filterpapiere. Die Zunahme der Dichte ist im Regelfall mit einem deutlichen Anstieg der Reißfestigkeit der Papiere verbunden.

4. Chemisch modifizierte Viskosefasern als aktives Filtermedium

Im vorangegangenen Abschnitt wurde der Einfluss von Veränderungen der Fasergeometrie von Viskosefasern auf die Filtereigenschaften, insbesondere auf Porosität, Filterwiderstände und Oberflächen vorgestellt. Außerdem wurde

gezeigt, dass Viskosefasern spezifisch für die Anforderungen der jeweils verwendeten Techniken zur Filterherstellung hergestellt werden können.

In diesem Abschnitt werden anhand von Beispielen die chemische Modifikation von Viskosefasern sowie die Anwendung dieser Fasern zur Filtration gezeigt. Die Faserform oder die Art des Filtermediums können die Effizienz der Modifikation fördern, sind jedoch hier von untergeordneter Bedeutung.

Das Cellulosemolekül bietet zahlreiche Möglichkeiten für chemische Modifikationen (Abb. 3). Werden Reaktionen an den Hydroxylgruppen der Monomereinheiten durchgeführt, so lassen sich Moleküle über Elektronenpaarbindungen kovalent an die Polymerkette binden. Solche chemischen Modifikationen sind permanent.

Die Cellulosemoleküle im Inneren der Viskosefasern sind untereinander durch Wasserstoffbrückenbindungen verbunden. Wasserstoffbrückenbindungen sind starke Wechselwirkungen zwischen Protonen und nichtbindenden Ionenpaaren einiger Heteroatome. Wird eine idealerweise polymere Substanz in die Viskosefaser inkorporiert, welche ebenfalls Wasserstoffbrückenbindungen in großer Zahl ausbilden kann, lassen sich selbst wasserlösliche Substanzen in der Polymermatrix der Viskosefaser dauerhaft binden, da Bindungskräfte zwischen inkorporierten Molekülen und Celluloseketten durch die hohe Zahl an Wasserstoffbrückenbindungen sowie eine sterische Hinderung stärker sind als die Diffusionskräfte des Wassers, mit denen die Moleküle aus der Faser herausgelöst werden.

Das Cellulosegrundgerüst kann ebenfalls modifiziert werden, beispielsweise durch Oxidation [4]. Auf diese Reaktionen soll jedoch nicht eingegangen werden.

Im Herstellprozess ist die chemische Fasermodifikation sowohl über die Spinnmasse vor der Fadenbildung als auch nach der Fadenbildung im Verlauf der Faser-

wäsche möglich, wobei die niemals getrockneten Fasern wesentlich besser zugänglich sind als bereits getrocknete Fasern.

Beim Einsatz im Filtermedium ist zu unterscheiden, ob die Reaktion reversibel ist, das Filtermedium also regeneriert werden kann, oder ob die Reaktion irreversibel ist und das Filtermedium somit nur einmalig, beispielsweise als Polizeifilter, eingesetzt werden kann. Unabhängig von der Reversibilität kann die Viskosefaser sowohl als Reaktant an der Filtration teilnehmen als auch reines Trägermolekül für reaktive Substanzen sein.

Besonders vorteilhaft sind durch Wirkstoffe chemisch modifizierte Viskosefasern immer dann, wenn die zur Filtration benötigten Wirkstoffe nicht zu Filtermedien verarbeitbar sind, sei es weil sie wasserlöslich sind oder die hergestellten Filtermedien erhebliche Defizite in ihren physikalischen Eigenschaften, beispielsweise Differenzdruck oder verfügbare Filterfläche haben. Dadurch, dass die Wirkstoffe Teil von Viskosefasern sind, sind im Bezug auf die Verarbeitung und die technisch/mechanischen Eigenschaften der Filter nur noch die Fasereigenschaften der Viskose als Trägermaterial ausschlaggebend, nicht mehr die Eigenschaften des Wirkstoffes.

Die Technologien zur Wirkstoffverteilung in Viskosefasern sowie zur Faserverteilung in Filtermedien sind ausgereift, dementsprechend ist immer eine homogene Wirkstoffverteilung garantiert.

Durch Inkorporierung eines kationischen Polyelektrolyten werden die ansonsten eher anionischen Viskosefasern kationisch. Damit verbunden ist eine erhöhte Affinität sowohl für Anionen als auch für Lewis-Basen. Ein Beispiel für eine kationische Viskosefaser ist Danufil® Deep Dye mit quaternärem Stickstoff als Kation. Die Anwendung dieser Fasern als Anionenaustauscher ist naheliegend. Der Ionenaustausch ist reversibel, die Faser kann jederzeit in Abhängigkeit von der

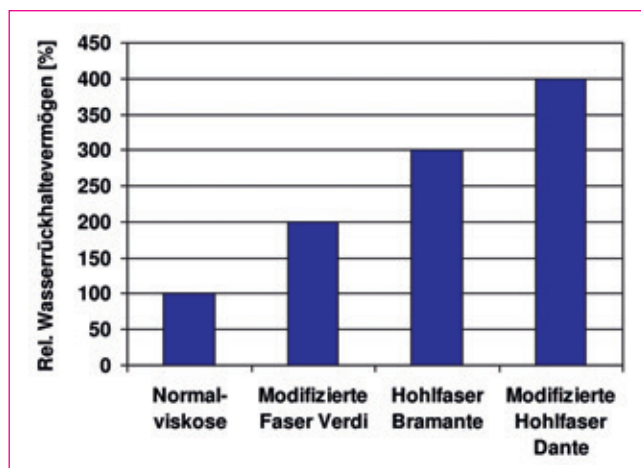


Abb. 5: Wasserrückhaltevermögen modifizierter Viskosefasern im Vergleich zu Normalviskose (Messung nach DIN 53814)

Anwendung mit unterschiedlichen Gegenionen beladen werden. Die Fasern weisen eine hohe Affinität zu PEG (Polyethylenglycol) auf, einem gängigen Wirkstoffträger für Pharmazeutika und kosmetische Wirkstoffe. PEG kann gleichzeitig an mehrere Moleküle anbinden, so dass durch kationische Fasern nicht nur anionische Pharmazeutika, sondern auch solche, die an PEG gebunden sind, aus Wasser filtriert werden können. Ein nicht nur im Bezug auf die Färberei von Textilien interessanter Aspekt ist die hohe Affinität der kationischen Fasern zu Farbstoffen, welche mit zunehmendem Gehalt an kationischen Gruppen weiter zunimmt (Abb. 4) /5/. Das Phänomen des Abfärbens in der Wäsche stellt nicht nur in der Haushaltswäsche, sondern insbesondere auch in der industriellen Wäsche ein Problem dar. Kationische Viskosefasern lassen sich hier sowohl zu Tüchern für die Haushaltswäsche verarbeiten, wo ausblutende Farbstoffe aus der Waschlauge abgefangen werden, als auch zu Filtern für die chemische Reinigung. Die Standzeit des Lösungsmittels, welches über einen längeren Zeitraum mit entsprechender Aufreinigung im Kreislauf verwendet wird, wird dadurch verlängert.

Als Produkt aus nachwachsenden Rohstoffen können verbrauchte Filter aus Viskosefasern CO₂-neutral verbrannt werden oder, sofern die Verunreinigungen im Filter dies erlauben, sogar kompostiert werden.

Auch anionische Viskosefasern, welche analog zu den kationischen Fasern unter Verwendung anionischer Polyelektrolyte hergestellt werden, lassen sich zu Filtermedien verarbeiten.

Polycarboxylate werden auch in Medizin- und Hygiene-Produkten eingesetzt. Diese können den pH-Wert im hautneutralen Bereich um ca. 5 puffern. Die Pufferwirkung für den pH-Wert ist auch bei der Filtration von Aquarienwasser von Interesse, insbesondere wenn Fische aus tropischen Gewässern, die häufig durch Huminstoffe im Boden weich und leicht sauer sind, gehalten werden. Härtebildende Calcium- und Magnesiumionen aus Leitungswasser werden durch die anionischen Viskosefasern gegen Protonen ausgetauscht. Gleichzeitig werden im Wasser befindliche Partikel und Exkremente abfiltriert.

Wie bei Ionenaustauschern üblich können auch die anionischen Viskosefasern mit unterschiedlichen Kationen beladen werden. Gerade zur pH-Regulierung lassen sich so unterschiedliche Funktionen umsetzen, vom alkalischen Ionenaustauscher mit Alkalimetallbeladung, der Säuren abfängt, bis zum sauren, protonenbeladenen Ionenaustauscher, der Metallionen abfängt. Auch gemischt beladene Ionenaustauscher, die über einen weiten Bereich den pH-Wert puffern können, sind möglich.

Auch in Bereichen, in denen aus Sicherheitsgründen schwer entflammare Materialien vorgeschrieben sind, werden cellulosehaltige Materialien eingesetzt. Ein Beispiel sind Luftfilter für



Abb. 6: Hydrophobe Viskosefaser Olea auf Wasser (links) im Vergleich zu Normalviskose (rechts, Fasern in Wasser eingesunken)

Kraftfahrzeuge. Die Verwendung cellulosischer Fasern ist nur möglich, wenn diese mit Flammenschutzmitteln behandelt werden. Diese setzen im Brandfall häufig toxische Gase frei. Bei den derzeitigen Lösungen wird das Brandrisiko somit häufig auf Kosten eines erhöhten Risikos von Rauchvergiftungen eliminiert.

Durch chemische Funktionalisierung von Viskosefasern ist es möglich, Silicat in die Viskosefasern einzulagern. Die Danufil® CS-Faser ist eine Legierung aus Viskose und Silicat, welche die vorteilhaften Eigenschaften beider Werkstoffe miteinander vereint. Die negativen Eigenschaften beider Fasern heben sich gegenseitig auf. Die Silicatkomponente in der Faser sorgt für einen Hitze- und Flammenschutz, der LOI der Faser liegt über 27. Die Viskosekomponente verleiht der Faser Festigkeit und Flexibilität. Nur bei direkter Beflammung kommt es zu einem langsamen Verglühen des Celluloseanteils. Das Silicatgerüst bleibt zurück und schützt darunterliegende Materialien vor Hitze und Flammen.

Toxische schwefel- und phosphorhaltige Gase können hier nicht freigesetzt werden, da lediglich „Sand“ als Flammenschutzmittel eingesetzt wird.

Wasser, insbesondere flüssiges Wasser, fördert die Korrosion und stellt deshalb in vielen Anwendungsbereichen ein großes Problem dar, weil die Lebensdauer und die Verfügbarkeit von Maschinen verkürzt werden. Die Fähigkeit, große Mengen Wasser aufnehmen und speichern zu können, ist eine grundlegende Eigenschaft der Cellulose. Das im Vergleich zu anderen Cellulosefasern besonders hohe Wasseraufnahmevermögen der Viskosefasern lässt sich durch chemische Modifikation, auch in Verbindung mit einer Querschnittsmodifikation, um ein Vielfaches steigern (Abb. 5). Viskosefasern in Filtern reduzieren das Korrosionsrisiko, da sie Wasser binden, bevor es Korrosion verursacht. Die Wasseraufnahme ist vollständig reversibel und auch nicht wie bei Superabsorbent mit dem Risiko des Ausblutens von Partikeln bei der Quellung verbunden. Sowohl im Bereich bei hohen Temperaturen, beispielsweise der Betriebstemperatur von Maschinen, als auch bei geringer Luftfeuchtigkeit geben die Viskosefasern gebundenes Wasser gasförmig ab, so dass die ursprüngliche Aufnahmekapazität des Filters wieder hergestellt wird.

Zusätzlich zur Wasseraufnahme können Viskosefasern auch durch inkorporierte Korrosionsinhibitoren Korrosion verhindern, da diese weitere korrosive Stoffe aus Betriebsmedien entfernen.

Die chemische Modifikation der Fasern ermöglicht die Integration zahlreicher weiterer Funktionalitäten. Eine Neuentwicklung ist eine fluor- und siliconfreie biologisch abbaubare hydrophobe Viskosefaser, welche beispielsweise zum Feuchteschutz eingesetzt werden kann (Abb. 6) /6/. Von dieser Faser wird eine höhere Affinität zu Ölen und Fetten erwartet, sie sollte sich somit zur Absorption dieser Medien eignen.

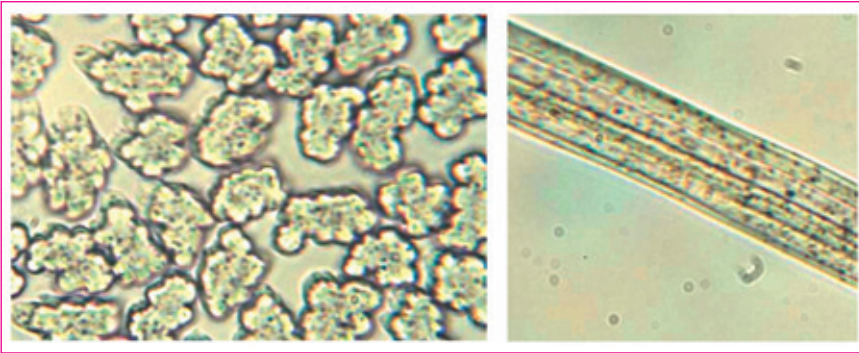


Abb. 7: In Viskosefasern inkorporierte Titandioxidpartikel

5. Verwendung von Viskosefasern als Matrix für aktive Partikel

Cellulose ist bekannt für ihre Diffusions-offenheit gegenüber Gasen und wässrigen Flüssigkeiten. Diese wird auch im Bereich der Filtration, der Dialyse, der Ultrafiltration, aber auch im Lebensmittel- und Verpackungsbereich genutzt. Beispiele sind Wursthüllen, die eine Trocknung der Wurst durch Ausdiffusion von Wasser ermöglichen, oder Cellophanfolien.

Bei Viskosefasern wird eine Diffusion durch die Fläche alleine schon durch den Abstand der Fasern ermöglicht. Der Weg zwischen den Fasern hindurch ist naturgemäß immer der Weg des geringsten Widerstandes.

Von weitaus größerem Interesse ist die Möglichkeit der Diffusion ins Faserinnere. Der Faserdurchmesser von nur wenigen μm ermöglicht hier eine sehr schnelle Diffusion. Zahlreiche Materialien, beispielsweise Harze, Aktivkohle, Farbpigmente und Mineralsalze, sind gegenüber den Bedingungen im Viskosefaser-Herstellprozess zumindest kurzzeitig stabil und lassen sich somit in die Fasern inkorporieren. Hierbei werden die Partikel homogen über den gesamten Faserquerschnitt und die gesamte Faserlänge verteilt (Abb. 7).

Um inkorporierbar zu sein, müssen die Partikel deutlich kleiner sein als der Faserdurchmesser. Im fein gemahlene Zustand haben die Partikel eine um ein Vielfaches größere Oberfläche und somit häufig auch eine weitaus höhere Aktivität als gröbere Partikel. Der Nachteil solcher feiner Partikel ist deren Neigung zur Feinstaubentwicklung, wodurch das Gesundheits- und Brandrisiko steigt. Die Inkorporierung löst das Staubproblem, da die Partikel dauerhaft von der Fasermatrix umschlossen sind. Die hohen Diffusionsgeschwindigkeiten durch die Viskosefaser ermöglichen dennoch eine hohe Aktivität der Partikel, zumal diese isoliert vorliegen und somit frei zugänglich sind.

Ein sehr anschauliches Beispiel ist die Wasserenthärtung zur Kaffee- und Teebereitung bei der Zubereitung in Portionsmaschinen, wobei zur Enthärtung ein Enthärterpad zusätzlich zum Kaffeepad eingesetzt wurde (Abb. 8).

Eine handelsübliche Senseo®-Kaffeemaschine bereitet eine Tasse Kaffee mit 150 ml Volumen in ca. 30 Sekunden zu. In dieser Zeit muss also das Wasser auf den geeigneten Härtegrad eingestellt werden. Es wurden faserbasierte Filter aus der anionischen Viskosefaser Verdi und aus der mit Ionenaustauscherharz beladenen Viskosefaser Poseidon mit einem aus

reinem Ionenaustauscherharz bestehenden Filter verglichen. Während bereits 2 Gramm Fasern für eine ausreichende Wasserenthärtung ausreichen, wurden vom Ionenaustauscher mindestens 10 Gramm benötigt, um ein vergleichbares Ergebnis zu erzielen (Abb. 9). In der Poseidon-Faser sind 35 % Ionenaustauscher enthalten. Dies verdeutlicht, dass trotz weitaus geringerer Wirkstoffmenge ein gleichwertiges Ergebnis erzielt wird, da die verfügbare Austauschkapazität des Ionenaustauschers in der Faser wesentlich effizienter ausgenutzt wird.

Ursächlich für den Vorteil der faserbasierten Lösung ist eine schnelle Diffusion über kurze Wege verbunden mit einer hohen Oberfläche. Der inkorporierte Ionenaustauscher behält seine volle Funktionalität auch innerhalb der Faser.

Dieses Beispiel zeigt, dass Viskosefasern mit inkorporierten Wirkstoffpartikeln besonders für zeitkritische Filteraufgaben geeignet sind, da die Diffusionswege in der Faser kurz sind und die Wirkstoffpartikel im Faserinneren isoliert und somit frei zugänglich vorliegen.

Ebenso wie sich Ionenaustauscherharze in die Viskosefasern inkorporieren lassen, können auch andere Wirkstoffe ohne Aktivitätsverlust in die Fasern eingebaut werden. Bestimmte Titandioxidpartikel eignen sich für die photokatalytische Luftreinigung, Metalle haben teilweise eine antibakterielle Wirkung. Auch Partikel zur Filterkennzeichnung, beispielsweise Lumineszenzpigmente, lassen sich über Viskosefasern in Filter einbringen.

Durch Inkorporierung dotierter Aktivkohle in eine Fasermatrix lässt sich das Filtermedium sogar als Katalysator für chemische Reaktionen nutzen. Das Staubrisiko durch Kohlestaub besteht dabei nicht.

Durch Inkorporierung von Phasenwechselmaterialien („Phase Change Materials“, PCM), kann im Verlauf der Filtration Wärme ausgetauscht werden. Die Technologie der PCM-Mikrokapseln ist unter dem Namen Outlast® bekannt.

HME (Heat and Moisture Exchange)-Filter für Stomapatienten werden üblicherweise aus gekrepptem Papier hergestellt und müssen als Kehlkopfersatz die Vorwärmung und Vorbefeuchtung der Atemluft übernehmen. Werden Vliesstoffe aus Outlast®-Viskosefasern verwendet, so ermöglichen diese eine bessere Staubfiltration, da im Gegensatz zu gekrepptem Papier keine Strömungskanäle existieren. Außerdem ermöglicht die Viskose ein äußerst schnelles und wirkungsvolles Feuchtmanagement. Die PCM in den Fasern als Latentwärmespeicher nehmen



Abb. 8: Tee, zubereitet mit hartem Wasser (links) und mit weichem Wasser (rechts)

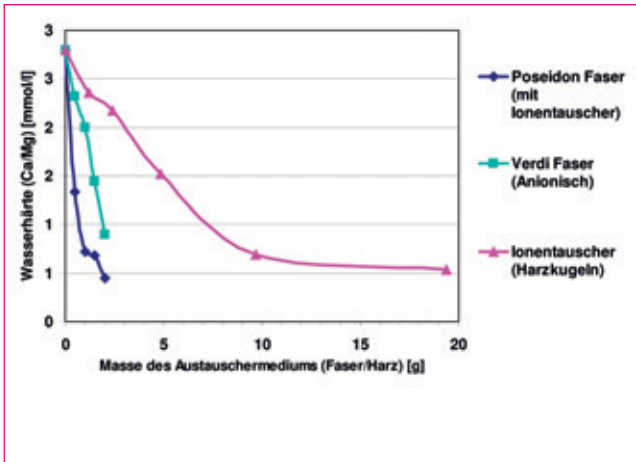


Abb. 9: Entärtung von 150 ml Wasser (Tassenportion) in 30s mit unterschiedlichen Ionenaustauschern

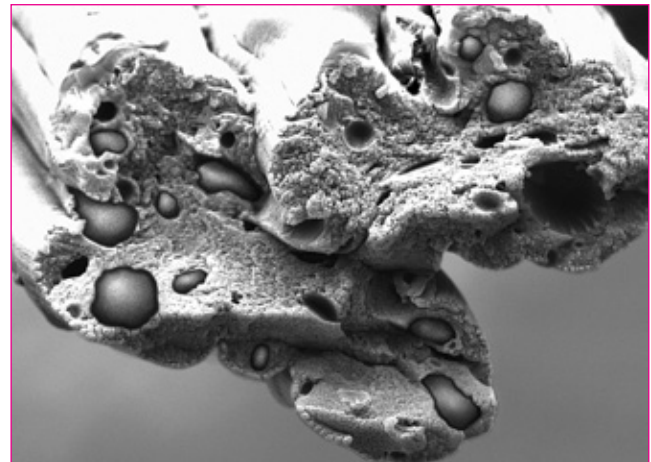


Abb. 10: Outlast® – Viskosefaser mit inkorporierten PCM

weitaus mehr Wärme auf und geben diese ab als dies Papier nur über den Temperaturunterschied machen kann (Abb. 10). Das entscheidende Kriterium für diese Filter, der Luftwiderstand beim Atmen, kann durch geeignete Konstruktion des Vliesstoffes auf dem Niveau der gekreppten Filter gehalten werden.

Ebenso wie die chemische Modifikation von Viskosefasern oder die Anpassung der Fasergeometrie ist auch die Inkorporierung von Wirkstoffen in die Fasermatrix eine Möglichkeit zur Anpassung von Viskosefasern an die spezifischen Anforderungen der unterschiedlichsten Anwendungen in der Filtration. Es konnte gezeigt werden, dass Viskosefasern als Trägermatrix für Partikel insbesondere auch für zeitkritische Filteraufgaben geeignet sind.

6. Zusammenfassung und Ausblick

Viskosefasern sind in ihren Umwelteigenschaften und ihren physiologischen Eigenschaften wie der antiallergenen Wirkung mit natürlichen Cellulosefasern vergleichbar und eignen sich ebenso wie diese auch für Lebensmittel- und Medizinanwendungen.

Gleichzeitig bieten Viskosefasern im Gegensatz zu Naturfasern die Möglichkeiten zur Einstellung der Fasergeometrie an spezifische Anforderungen von Filterherstellern.

Durch chemische Funktionalisierung oder durch Inkorporierung von Wirkstoffpartikeln können gezielt Funktionen in die Fasern eingebaut werden, welche für spezifische Filtrationsaufgaben benötigt werden. In diesem Zusammenhang konnte auch gezeigt werden, dass Viskosefasern eine schnelle Diffusion von Flüssigkeiten und Gasen ins Faserinnere ermöglichen, so dass inkorporierte Moleküle und Partikel im Faserinneren ihre volle Aktivität beibehalten.

Die unterschiedlichen Möglichkeiten zur Faserfunktionalisierung lassen sich auch gemeinsam nutzen, um Synergieeffekte, die aus den unterschiedlichen Funktionalitäten und Geometrien entstehen, zu erzielen.

Die zahlreichen Beispiele zeigen, dass Viskose-Spezialfasern ein äußerst vielseitig einsetzbarer Rohstoff zur Herstellung von Filtermedien sind, und lassen erahnen, dass die Anwendungsmöglichkeiten für Viskosefasern im Bereich der Filtration bei Weitem noch nicht alle erschlossen sind. Auch auf der Faserseite sind noch nicht alle Möglichkeiten zur Funktionalisierung ausgeschöpft.

Zur Entwicklung der Filtermedien der Zukunft bieten sich Kooperationen an zwischen Filterherstellern, denen spezifische Anforderungen der Filter bekannt sind, und Faserherstellern, die über das spezifische Wissen und die Fähigkeiten zur Faserfunktionalisierung verfügen.

Literatur:

- /1/ D. Klemm, B. Philipp, T. Heinze, U. Heinze, W. Wagenknecht: Comprehensive Cellulose Chemistry, Volume 1, Wiley – VCH Verlag (1998)
- /2/ K. Götz: Chemiefasern nach dem Viskoseverfahren, Erster Band, 3. Auflage, Springer-Verlag (1967)
- /3/ I. Bernt, Fine-Tuning of Paper Characteristics by Incorporation of Viscose Fibres, Lenzinger Berichte 89 (2011), 78 – 85
- /4/ M. Siller, W. Roggenstein, T. Rosenau, A. Potthast: Functionalisation of Viscose Fibres, Lenzinger Berichte 91 (2013), 81 - 44
- /5/ R. Scholz, D. Dedinski: Cationic Activated Viscose Fibres – Dyeing of Fibres and Decolouring of Aqueous Solutions, Lenzinger Berichte 89 (2011), 86 – 90
- /6/ P. Wimmer: Viscose Fibres for enhanced Fluid Management, Lenzinger Berichte 91 (2013), 61 – 66

MATH 2 MARKET INNOVATION IN FILTRATION

Modellierung und Simulation von Filtermedien und Filtrationsprozessen

- Beratung
- Projekte
- Software

GEO DICT und FILTER DICT

Math2Market GmbH
 Trippstadter Strasse 110
 67663 Kaiserslautern
 www.math2market.de