



Nadelfilze für die Fest/Flüssig-Filtration

B. Silkens*

Seit mehreren Jahrzehnten nehmen Nadelfilze eine bedeutende Rolle auf dem Gebiet der Filtration ein. Sie bestehen aus synthetischen Fasern und werden über spezielle Verarbeitungstechnologien mechanisch verfestigt. Neben der industriellen Entstaubung (Abtrennung von Feststoffen aus Rohgasvolumenströmen) kommen Nadelfilze ebenso bei vielfältigen Filtrationsvorgängen in der Fest/Flüssig-Trennung zum Einsatz. Der folgende Beitrag beschäftigt sich mit dem Funktionsprinzip und den Anwendungsmöglichkeiten von Nadelfilzen als geeignete Filtermittel in der Fest/Flüssig-Filtration.

1. Einleitung

Mechanische Trennverfahren sind seit langer Zeit ein fester Bestandteil der technischen Filtration. Dabei werden in einer Suspension vorhandene Partikel mittels verfahrenstechnischer Prozesse von der Flüssigkeit separiert. Eine Übersicht der mechanischen Verfahren gibt Abb. 1. Weitere Definitionen und Ausführungen zu den Prozessen finden sich unter /1/.

In den fünfziger Jahren wurde die Effizienz dieser Verfahren durch die Verwendung synthetischer Fasern deutlich optimiert. Dabei kamen zunächst Polymere wie Polyester (PET), Polypropylen (PP), Polyamid (PA) und später Polyphenylsulfid (PPS) zum Einsatz und verdrängten nach und nach bis dahin verbreitete Filtermedien aus Naturfasern wie beispielsweise Wolle. Es war möglich, künstliche Fasern in großen Mengen mit klar definierten Durchmessern und guten chemischen, mechanischen und thermischen Eigenschaften gezielt anwendungsbezogen auszuwählen. Eine qualitative Beständigkeitsmatrix für gängige Polymere in der Fest/Flüssig-Filtration zeigt

Dipl.-Ing. Bernd Silkens
Produkt Manager Fest/Flüssig-Filtration
Heimbach Filtration GmbH
An Gut Nazareth 73
52353 Düren
Tel.: +49 (0) 2421 / 802 418
Fax: +49 (0) 2421 / 802 709
bernd.silkens@heimbach.com
www.heimbach.com

Abb. 2. Die Verwendung dieser Fasern brachte gewaltige Fortschritte im industriellen Filtrationsbereich. Häufig verwendete Filtermedien bestehen aus Gewebe- und Nadelfilzstrukturen. Ein Gewebe besteht aus einer Verbindung von Längs- und Querschnitten. Man unterscheidet zwischen Mono- und Multifilamentfäden sowie Stapelfasern. Bei jedem Webprozess entsteht ein Netz von Kreuzungspunkten. Soll der Abscheidegrad der in der Suspension enthaltenen Partikel erhöht werden, steigt die Anzahl der Längs- und Querschnitten. Damit verringert sich jedoch die offene Fläche des Filtermediums, was zur Folge hat, dass das Verhältnis zwischen offener und nicht nutzbarer Filterfläche ungünstiger wird. Gewebe stellen in der Regel zweidimensionale Filtermedien dar. Nadelfilze erweitern die Filtration um eine dritte Ebene, man spricht hier von einer Kombination von Oberflächen- und Tiefenfiltration, die an anderer Stelle noch näher beschrieben wird.

2. Herstellung und Aufbau von Nadelfilzen

Die Konstruktion eines Nadelfilzes beginnt mit der richtigen Faserauswahl. Neben den oben bereits genannten Werkstoffen sind zudem die Faserlänge, der Querschnitt (rund oder multilobal als oberflächenvergrößernde Variante) und die Faserfeinheit zu kombinieren. In der Regel

liegen die Faserfeinheiten zwischen 0,8 dtex und 7 dtex. Bei Feinheiten von <1 dtex spricht man von Mikrofasern. 0,8 dtex beispielsweise bedeutet, dass Fasern der gleichen Güte, die auf eine Länge von 10.000 Metern aneinander gereiht sind, zusammen nur 0,8 g wiegen. Die Verbindung von Einzelfasern miteinander zu einem Vlies und dessen Verankerung in einem Trägergewebe findet durch den Produktionsprozess des Vernadelns statt. Dabei werden auf das jeweilige Polymer und die Fasereigenschaften abgestimmte Nadeln mit umgekehrten Widerhaken in das vorgelegte Vliespaket mit hoher Geschwindigkeit eingestochen und wieder herausgezogen. Durch die auch Barbs genannten Widerhaken werden zum einen die Fasern über eine Vielzahl von entstehenden Schlaufen miteinander verschlungen. Zum anderen erfolgt durch Formschluss und Faser/Faser bzw. Faser/Trägerreibung die benötigte Faserverankerung. Nähere Ausführungen hierzu finden sich unter /2/.

Im Anschluss an den Nadelprozess durchläuft die Nadelrohware die sogenannte Ausrüstung. Hier steht eine Vielzahl weiterer Möglichkeiten zur Verfügung, um Nadelfilze anwenderspezifisch zu veredeln. Grundlage jeder weiteren Verarbeitung ist der Fixierprozess. Durch auf die verarbeiteten Rohstoffe abgestimmte Temperaturen und Einwirkzeiten wird in der Rohware einerseits ein definierter Schrumpfvorgang

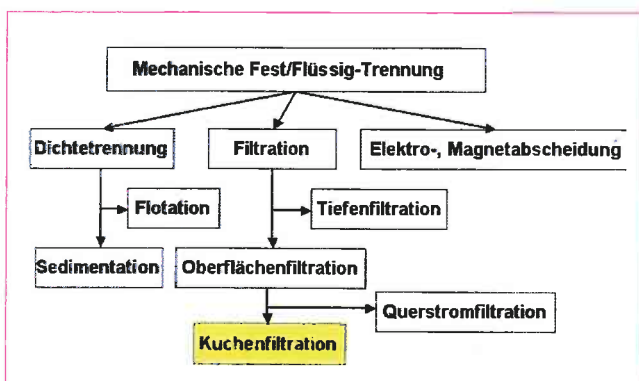


Abb. 1: Schema der Verfahren zur Fest/Flüssig-Trennung

	Temperatur	Säuren	Alkalien	Lösemittel	Hydrolyse	Ox.-mittel
hoch	PPS	PPS	PPS	PPS	PPS	PPS
	PET	PP	PP	PA	PE	PPS
	TROL	TROL	TROL	PP	TROL	PP
	PA	PET	PA	TROL	PA	TROL
niedrig	PP	PA	PET	PET	PE	PA

Abb. 2: Beständigkeiten von Polymeren in der Fest/Flüssig-Filtration

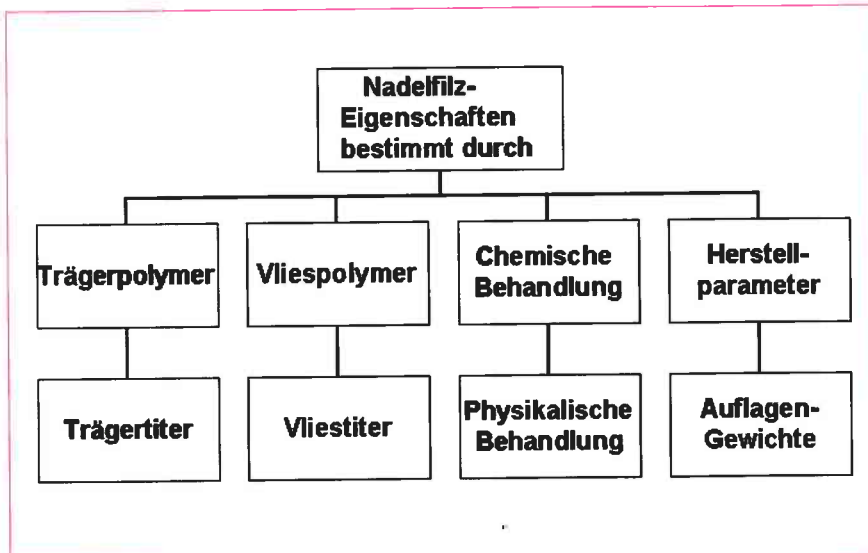


Abb. 3: Einflussgrößen bei der Nadelfilzherstellung

ausgelöst, um Dichte, Festigkeit und Dehnung der Nadelfilze zu steuern. Andererseits wird durch den Vernadelungsschritt das Material auf Zugbeanspruchung belastet, mehrfach umorientiert und somit starke Spannungsunterschiede aufgebaut. Durch die Temperaturbehandlung wird der Nadelfilz gleichmäßig, d. h. durch Überführung der Moleküle in energieärmere Zustände entspannt.

Zu den wichtigsten physikalischen Oberflächenbehandlungen gehört beim Nadelfilz das Kalandrieren. Beim Kalandrieren wird die Oberfläche des thermoplastischen Polymeres durch eine beheizbare Walze bis über die Erweichungstemperatur des Kunststoffes aufgeheizt

und mit Kalandrierwalzen unter Druck verpresst. Über dieses Verfahren werden für den späteren Einsatz in der Anwendung mehrere Vorteile generiert. Für die Anströmseite bedeutet das Verpressen eine glattere Oberfläche und damit einen verbesserten Kuchenabwurf. Gleichzeitig wird das Eindringen von Partikeln in die Tiefe des Nadelfilzgefüges erschwert bzw. blockiert. Eine Kalandrierung der Abströmseite verhindert ähnlich wie eine Sengung, dass sich Fasern aus dem Nadelfilzverbund lösen und sich im Filtrat bzw. in nachgeschalteten Aggregaten anreichern können. Eine Übersicht der Einflußfaktoren bei der Nadelfilzherstellung gibt Abb. 3.

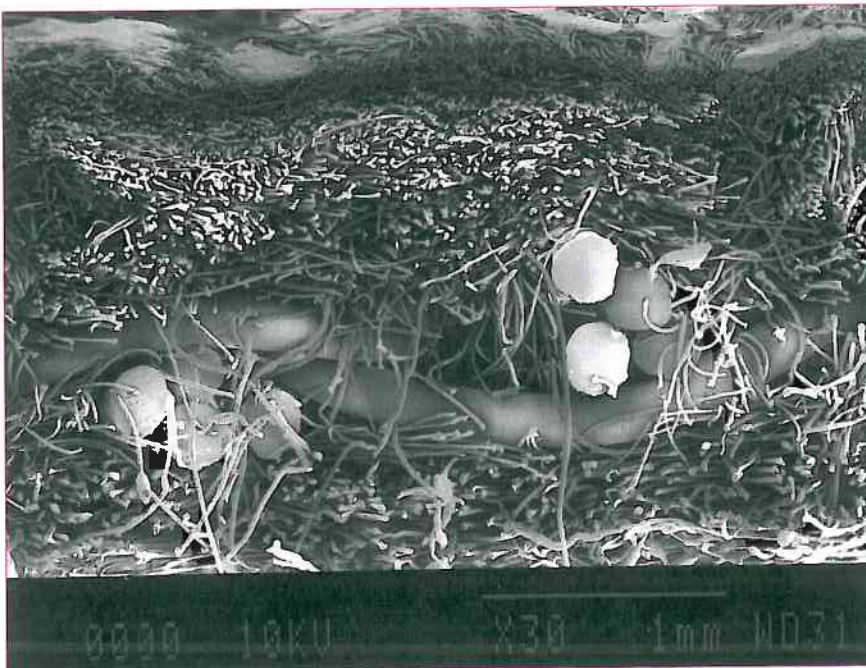


Abb. 4: Mikroskop-Querschnitt eines Nadelfilzes mit Mikrofasern in der Oberlage der Anströmseite (Kaskadenaufbau). Deutlich ist das Grundgewebe in der Mitte des Nadelfilzes erkennbar.

3. Charakteristische Merkmale bei der Filtration mit Nadelfilzen

Vergleicht man die beiden Filtermedien Nadelfilz und Gewebe, so haben Nadelfilze infolge des sehr fein ausgeprägten Porengefüges und des größeren Porenvolumens eine mehrfach höhere offene Filterfläche bei gleichzeitig deutlich höherer Filterschärfe. Der Faserverbund schafft ein Dränagesystem, welches bei der ersten Beaufschlagung mit Suspension einen sofortigen 100%-igen Abtrennvorgang der Partikel herbeiführt. Anders als bei Geweben entsteht kein Filtratverlust bzw. anfänglicher Partikeldurchschlag bis zum Kuchenaufbau, es setzt sofortiger Klarlauf ein. Man spricht bei Nadelfilzen von dreidimensional wirkenden Filtermedien. Die spezielle Konstruktion bewirkt neben der Oberflächenfiltration eine Tiefenwirkung. Der Filtrationsvorgang wird an den Faserkreuzungen verstärkt. Allerdings birgt dies die Gefahr, dass sich aufgrund der offenen Struktur Feststoffe im Inneren der Nadelfilze einlagern. Bei der Abreinigung finden diese eingelagerten Partikel jedoch nicht mehr den Weg zurück aus dem Faserlabyrinth, die Regenerierbarkeit des Filtermaterials nimmt allmählich ab. Folge: Das Porenvolumen wächst langsam zu, Filterwiderstand und Druckverlust steigen stetig an, bis durch ein letztendliches Verblocken des Filtermediums ein (wirtschaftlicher) Betrieb nicht mehr möglich ist. Als Lösung bietet sich ein spezielles Nadelverfahren an. Ein progressiv aufgebautes Mehr-Schichten-System (Kaskadensystem) von Fasern mit unterschiedlichen Durchmessern. Der Aufbau dieser Nadelfilze wird in Abb. 4 verdeutlicht. Hierbei wird der Faserdurchmesser zur Kuchenseite hin in mehreren Lagen immer kleiner. Die spezielle Oberflächenkonzeption ist durch eine kompakte, außerordentlich kleinporige, glatte Struktur gekennzeichnet. Kleinste Feststoffpartikel werden bereits an der Oberfläche abgeschieden und bilden hier eine Art Filterhilfsschicht zur weiteren Kuchenbildung. Im Inneren des Nadelfilzes bleiben die Poren offen. Dies bedeutet eine hohe Durchsatzleistung bei gleichzeitig niedrigem Differenzdruck. Die oberflächenwirksamen Nadelfilze erlauben bei verbesserter Abscheideleistung eine höhere spezifische Belastung und in vielen Fällen eine Verlängerung der üblichen Standzeiten mit einhergehender höherer Betriebssicherheit.

Eine weitere Möglichkeit einer optimierten Nadelfilzstruktur bietet ein asymmetrischer Aufbau, d.h. die Anström-

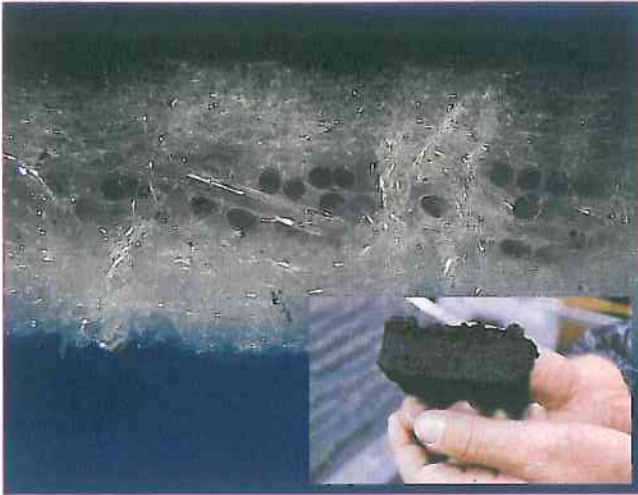


Abb. 5: Aktivkohle-Filtration mit Nadelfilz Filterbändern

seite ist mit einer höheren Vliesauflage versehen als die Abströmseite. In das Vliesgefüge eingedrungene Feststoffe werden durch den asymmetrischen Aufbau des Nadelfilzes sowie durch die größeren Fasern hin zur Abströmseite zum Verlassen des Filtermediums bewegt.

4. Anwendungen

Grundsätzlich Nadelfilze können in vielen Anwendungen eingesetzt werden. Beste Ergebnisse werden jedoch bei der Filtration von Suspensionen mit Feststoffgehalten bis etwa 20 Vol-% erzielt. Daraus leiten sich folgende Kern-Einsatzbereiche ab:

- Vakuumbandfilteranlagen
- Trommelfilter
- Filterpressen
- Filterkerzen
- Filterschlauchsysteme.

Das für den einzelnen Anwendungsfall optimale Filtermedium wird in den seltensten Fällen über theoretische Formeln bestimmt. Ursache hierfür ist, dass je nach Anwendung zum Teil mehr als 20 verschiedene Filtrationsparameter am Filtrationsvorgang beteiligt sind und sich diese zudem in nicht vorhersehbarer Art und Weise beeinflussen. Umso mehr spielen Erfahrungswerte des Anwenders bzw. des Filtermedienlieferanten und/oder Anlagenbauers eine entscheidende Rolle. Fehlen entsprechende Vergleichswerte, sind oftmals Vorversuche im Labormaßstab oder Pilotversuche unter realen Prozessbedingungen unabdingbar und liefern und somit weitere wichtige Erkenntnisse.

Als typische Anwendungsgebiete für Nadelfilz sind zu nennen:

- Mineralstoffe und Zeolithe
- Chemie- und Pharmaprodukte
- Farbstoffe
- Galvanische Prozesse
- Lebensmitteladditive.

5. Anwendungsbeispiele

Beispielhaft für eine große Einsatzvielfalt sollen nun 3 Anwendungen kurz vorgestellt werden.

Eines der ersten Einsatzgebiete für Nadelfilz waren Filtrationsvorgänge im Rahmen der Pigmentherstellung. Die Filtermedien kommen hier als Filterbänder und Pressentücher zum Einsatz und erreichen Standzeiten von bis zu 12 Monaten. Zur Abscheidung von Partikeln im niedrigen, einstelligen µm-Bereich werden hier Mikrofasern in der Oberlage der Anströmseite eingesetzt. Nadelfilze für Vakuumbandfilteranlagen erreichen im Kaskadenaufbau Flächengewichte bis zu 820 g/m². Die Anwendung eines Nadelfilz-Filterbandes zur Zeolith-Filtration ist in Abb. 6 dargestellt. Bei der Filtration von Wasserglas werden Temperaturen deutlich über 90°C erreicht.

In Verbindung mit der bei diesem Prozess geforderten chemischen Beständigkeit kann diese Anforderung über einen modifizierten, hochtemperaturbeständigen Polypropylen-Nadelfilz



Abb. 6: Zeolith-Filtration mit Nadelfilz Filterband



Abb. 7: Filterkuchenabwurf aus Filterpresse

(TROL – einsetzbar bis 125°C Dauertemperatur) optimal erfüllt werden. Je nach Kalandrierung können hierbei Luftdurchlässigkeiten von 5 bis zu 130 l/(dm²xmin) eingestellt werden. Der Filtrationsprozess erfolgt üblicherweise über Filterschlauchsysteme, wie sie von verschiedenen Anlagenbauern angeboten werden.

Im Bereich der Aktivkohleproduktion für Arzneimittelprodukte zeigten sich hohe Kunden-Anforderungen an das Filtermedium: Betriebstemperaturen bis 100°C, ein wechselnder Feinanteil an Aktivkohlepartikeln erhöht die Gefahr des Durchschlages bzw. des Verblockens des Filtermediums. Eine Kombination von Polypropylen Fasern auf Spezial-Polyester-Trägermaterial brachte

hier die besten Filtrationsergebnisse mit den auf Vakuumbandfilteranlagen verwendeten Filtermedien. Die anlagenbedingt hohen mechanischen Ansprüche konnten über die Verwendung eines hoch belastbaren Trägers abgefangen werden und sorgten zudem für eine faltenfreie Bandführung. Hierdurch werden bis heute Standzeiten von 12-15 Monaten erreicht. Abb. 5 zeigt einen Querschnitt des Filtermaterials und den Filterkuchen, der in Kombination mit einer nachgeschalteten Filterpresse einen TS-Gehalt von ca. 50% aufweist. Den Abwurf des Filterkuchens aus der Filterpresse zeigt Abb. 7.

6. Zusammenfassung und Ausblick

Nadelfilze sind heute in der Fest/ Flüssig-Filtration Stand der Technik. Durch auf den Einzelfall gezielt abgestimmte Faser/Trägergewebe-Konstellationen und ergänzende Vergütungsprozesse im Rahmen der Herstellung gewährleisteten Nadelfilze bei einer großen Anwendungsvielfalt seit langer Zeit einen störungsfreien Betrieb mit hohen Standzeiten. Die Tendenz zur Abscheidung stetig kleinerer Partikel bei gleichzeitig geforderten höheren Durchsatzraten erfordert auch für die Hersteller von Nadelfilzen für die Zukunft eine kontinuierliche Weiterentwicklung der Filtermedien. So können beispielsweise der Schritt von Mikro- zu Nanofasern oder die weitere Optimierung der Filteroberfläche zwei von vielen möglichen Meilensteinen hin zum für die jeweilige Anwendung bestgeeigneten Filtermedium in der Fest/ Flüssig-Filtration darstellen.

Literatur:

- /1/ VDI-Richtlinie 2762, Blatt 1: Mechanische Fest-Flüssig-Trennung durch Kuchenfiltration (2006)
- /2/ H. Gasper, D. Oechle, E. Pongratz: Handbuch der industriellen Fest/Flüssig-Filtration (2000)

**Sonderdruck aus der Zeitschrift
F&S-Filtrieren und Separieren
Ausgabe 2/2010**