

Filter, Siebe, Diffusoren ... -
Wenn man viele Löcher braucht!

Industrielles Ätzen als Alternative

Ein White Paper der
micrometal GmbH

1. Allgemeine Grundlagen

Bei der Begrifflichkeit Filter, Sieb/Separator, Diffusor, u.ä. drängt sich dem geistigen Auge des „populär-technisch“ Denkenden meist eine große Fläche oder eine dreidimensionale Struktur mit unzähligen kleinen Öffnungen auf. Und in der Tat hat der Entwickler eines derartigen Produktes meist als Ziel, möglichst viel funktionale Geometrie in einer gegebenen Fläche oder einem gegebenen Bauvolumen zu realisieren. Eine auf die Spitze getriebene Design-Maxime für derartige Bauteile wäre, nur noch aus funktionaler Öffnung zu bestehen und kein Trägermaterial mehr zu besitzen. Das Trägermaterial zwischen den, die Funktion beherbergenden, Öffnungen übernimmt im Wesentlichen die Adaption des Funktionselementes auf die herrschenden chemisch-physikalischen Prozessbedingungen, den vorhandenen Einbauraum und - gemeinsam mit eventuell weiteren mechanischen Elementen - den Anschluss an vor- und nachgeschaltete Prozessbauteile.

Trennt man sich von dieser eher theoretisch-philosophischen Betrachtungsweise und erlaubt man sich einen mehr technischen Blick auf die genannten Bauteile, so ergibt sich bei dem Versuch einer Charakterisierung, das nachfolgende interessante Bild. Es wird schnell klar, dass die verschiedenen, scheinbar artverwandten Bauelemente auf gänzlich unterschiedliche Wirkungen abzielen.

Bauteil	Aufgabe	Auswirkung auf Medium	Charakteristik			Erneuerung wenn ...
			Durchsatz	Druckverlust	„Wirkungsgrad“	
Filter	Halten von Partikeln	Reinigung	Hoch	Gering	Nahe 100%	Vollgesetzt
Sieb	Verlustfreies Separieren	Klassifizierung	Mittel	n/a	100%	Mechanisch degeneriert
Diffusor	Gleichmäßiges Verteilen	Verteilung	Hoch	Hoch	0%	Mechanisch degeneriert

Tabelle 1: Charakterisierungsversuch Filter; Siebe/Separatoren; Diffusoren

Bei der breiten Anwendung des **Filterns** kommt es darauf an, ein Medium von ungewünschten, meist festen Partikeln zu befreien. Dies muss nicht notwendigerweise zu 100% geschehen, sondern „nur“ zu einem sehr hohen Grad (Filterwirkungsgrad). Es wird dabei ein hoher Durchsatz angestrebt. Das ungewünschte Partikel „verfängt“ sich im Filter und verbleibt dort. Selbst die teilweise Zurückhaltung von Filtrat kann in Kauf genommen werden, da dieses meist selbst nicht teuer ist und lediglich gereinigt werden soll. Ist das Filterelement mit Filtergut überlastet, wird es ausgetauscht und entsorgt. Charakterisierend hierfür ist ein signifikant ansteigendes Druckgefälle über das Filterelement und/oder ein damit verbundener sinkender Durchsatz. Filter sind meist mittels statistischer Verfahren aufgebaute, dreidimensionale Bauteile wie Filterkerzen oder Filterplatten. Grundlage sind im Allgemeinen sogenannte nonwoven-Materialien, also Vliese, die in verschiedensten Formen gebracht werden können, um die jeweilige Filterapplikation zu unterstützen. Ebenso können Garne in verschiedenster Garnstärken und Packungsdichte herangezogen werden um Filterbauteile dreidimensional aufzubauen.

In einem bestimmten Anteil von Anwendungen kann dies aber so nicht geschehen, und zwar meist dann, wenn die physikalisch-chemischen Kenngrößen des Prozesses die Grenzen der gängigen Kunststoffe und Garnrohstoffe überschreiten. Hohe Temperaturen, aggressive Medien, extreme Drücke u.ä. führen dann zwingend zum Einsatz von metallischen Filterbauteilen. Für den Entwickler stellt sich bei metallischen Filtern die Frage wie das, zum Beginn genannte Designziel einer Maximierung der Anzahl funktionaler Öffnungen, bei gleichzeitiger

Minimierung des Trägermaterials, wirtschaftlich erreicht werden kann. Dies führt meist zur Nutzung von metallischen Geweben, die wiederum als „Kerzen“, „Platten“ oder in anderer Form angewendet werden. Da die individuelle Öffnung bei metallischen Geweben aber nur begrenzt minimiert werden kann, muss in mehreren Stufen oder Lagen und in Zusammenarbeit mit dem sich aufbauenden Filterkuchen versucht werden, die Filtrationswirkung hinsichtlich sehr kleiner Partikel zu optimieren. Was mit statistischen Methoden der Vliesfertigung und schlichter Erhöhung der Vliesdicke noch relativ einfach zu erreichen war, wird nun zur komplexen Aufgabe. Dies macht das metallische Filterelement zu einem wesentlich höherwertigen Bauteil, welches nicht mehr als Wegwerfartikel behandelt werden kann.

Die Systeme werden nun meist rückspülbar aufgebaut. Dies bedeutet, dass man für eine kurze Zeit sauberes Medium oder ein Reinigungsmedium rückwärts durch den Filter presst um den verschmutzten Filter zu reinigen. Die Rückspülbarkeit erhöht wiederum die mechanischen Anforderungen an die Stabilität des Filteraufbaus.

Doch nicht nur äußere, prozessbedingte Belastungen begünstigen metallische Bauelemente, sondern auch extreme Einbausituationen, die einen Wechsel im Falle des Versagens ausschließen (Life-Time-Filter oder Last-Chance-Filter). Hier sind oft rein metallische Aufbauten der Filterelemente die einzig konstruktiv denkbare Lösung.

Bei den **Sieben** geht es darum aus einer Gesamtheit von Partikeln eine bestimmte Klasse von Partikelgrößen heraus zu sortieren. Man spricht von einem Klassierverfahren, also dem Aufteilen eines dispersen Gemisches von Partikeln in verschiedene Klassen. Siebe sind fast ausschließlich aus Geweben hergestellt. Die Grundmaterialien der verwendeten Fasern oder Drähte richten sich nach den Anforderungen der jeweiligen Anwendung in Bezug auf Abrasivität des Siebgutes, den Einsatztemperaturen, der zu erzielenden Produktivität etc.

Im Falle der **Diffusoren** soll das Medium selbst in keiner Weise verändert oder selektiert werden. Es geht darum ein Medium ideal über einen gegebenen Querschnitt zu verteilen, um es z.B. einem nachgeschalteten Prozess zuzuführen. Durch die Erzeugung eines großen Differenzdrucks (meist unterstützt durch die hohe Viskosität des Mediums) wird Material auf einer Seite des Diffusors aufgestaut und kann durch die Öffnungen des Funktionselements auf der anderen Seite entsprechend gleichmäßig austreten. Das Bauteil ist per Definition mechanisch hoch beansprucht und ist hohen Oberflächenbelastungen ausgesetzt. Bei hohen Temperaturen, z.B. direkt nach der Erzeugung des Mediums selbst, wird die Belastung ungleich höher. Dies führt zu entsprechend hohen Aspektverhältnissen der Öffnungen (Verhältnis von Tiefe zu Öffnungsquerschnitt sehr groß, da mechanische Stabilität des Diffusors gewährleistet sein muss) oder zur Kombination von Diffusoren mit stabilen Unterkonstruktionen.

2. Das metallische Funktionselement, eine Ausnahme

Erlaubt man sich mit diesen Vorbemerkungen einen Blick auf die artverwandten Bereiche Filter, Siebe/Separatoren und Diffusoren und hierbei speziell die Art der Herstellung des eigentlichen Funktionselements, dann ergibt sich folgendes Bild:

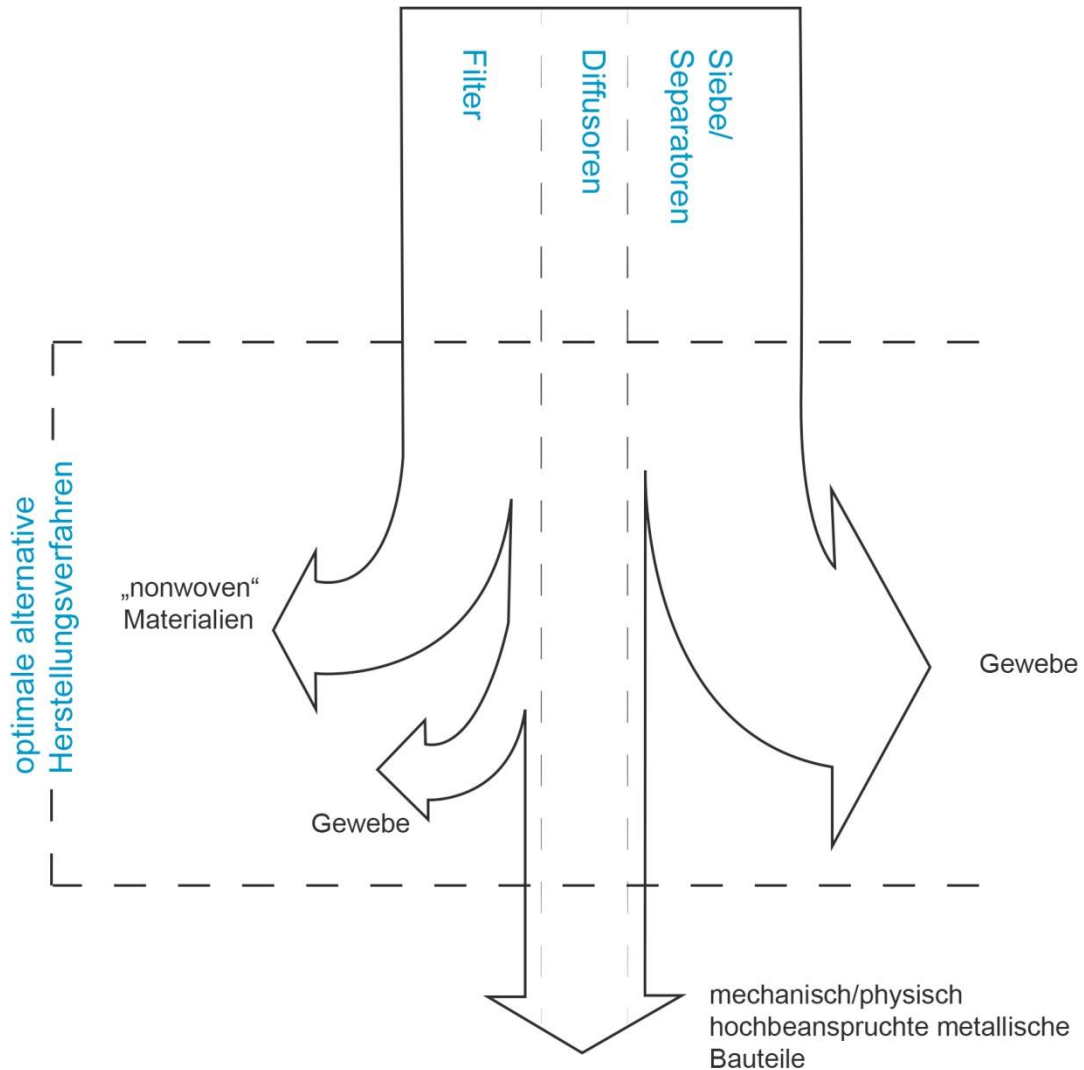


Bild 1: Herstellungsverfahren für Filter, Siebe und Diffusoren

In einer sehr großen Anzahl von Applikationen können mit etablierten und weit entwickelten Verfahren alle Ansprüche der Herstellung erfüllt werden. Im Bereich der thermisch und mechanisch hoch beanspruchten Filter, Siebe und Diffusoren besteht aber Bedarf an Fertigungsmethoden und konstruktiven Lösungen, die auf die gegebenen, speziellen Anforderungen eingehen und gleichzeitig wirtschaftlich sind.

Bei diesem Artikel soll es im Kern darum gehen, welchen Beitrag das **industrielle Ätzen** als Herstellungsprozess für Siebe, Filter, Diffusoren u.ä. leisten kann. Welchen „Mehrwert“ am Metall-Bauteil und in der Herstellung von Gesamtsystemen kann chemisches Ätzen bieten?

3. Industrielles Ätzen von Metall

Ätztechnik als industrielles Fertigungsverfahren ist meist aus dem Bereich der Leiterplattenfertigung bekannt, bei der eine dünne Schicht eines elektrischen Leiters (meist nur wenige Mikrometer Kupfer) bereichsweise von einem Trägermaterial abgeätzt wird, um die gewünschte Leiterbahnenstruktur freizulegen. Ätzen kann aber auch verwendet werden, um komplexe Funktionsbauteile aus Metall herzustellen. Auch hier wird das Metall mit einem fotosensiblen Lack oder einem entsprechenden Laminat beschichtet und die gewünschte Struktur lithografisch übertragen. Die unbelichteten Stellen werden „ausentwickelt“ – also ausgewaschen – was das metallische Grundmaterial wieder zum Vorschein kommen lässt. In einem Ätzbad wird dann die komplette metallische Struktur freigelegt bzw. ausgeätzt.

Das industrielle Ätzen von Metall ist ein Fertigungsverfahren, bei dem Bandmaterial kontinuierlich durch eine Anlage prozessiert wird (Bild 2), in der die notwendigen Prozessschritte verkettet stattfinden. Dieses Verfahren eignet sich speziell für große industrielle Volumina und zeichnet sich durch hohe Prozessstabilität aus. Mit dem Ätzverfahren sind Bauteilstärken von ca. 20µm bis zu mehreren hundert Mikrometern wirtschaftlich darstellbar. Es lassen sich u.a. Edelstähle, Messing- und Bronzelegierungen, Kupfer- und Aluminiumlegierungen bearbeiten. Durch die Verarbeitung von Metallband ist es möglich nahezu „endlose“ Strukturen zu erstellen. Die Ausdehnungen von abzubildenden Strukturen sind also im Wesentlichen durch die Breite des Bandes begrenzt, was in den notwendigen Qualitäten bis ca. 330mm Breite bezogen werden kann.

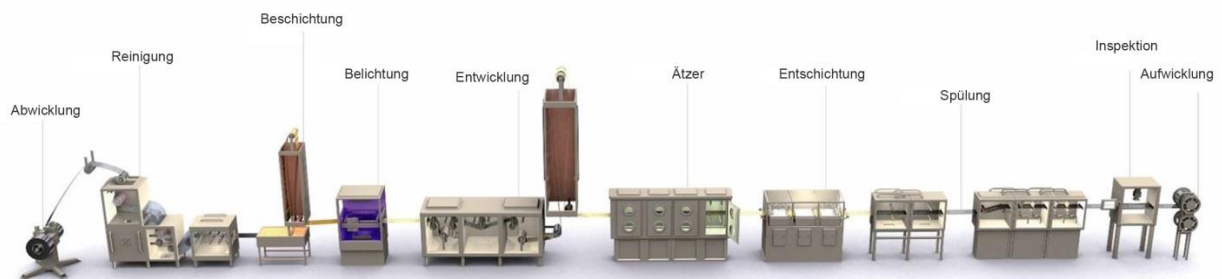


Bild 2: Industrielles Metall Ätzen ⇒ kontinuierliche Ätztechnik

4. Spezifische Vorteile des Metall Ätzens

Doch wo liegen nun die Vorteile für die in diesem Artikel ins Interesse gerückten Bauteile?

Beim **chemischen Ätzen** wird kein Werkzeug im klassischen Sinne verwendet. Die lithografisch übertragene Struktur erlaubt dem flüssigen Ätzmedium Zugriff auf bestimmte Bereiche der Metall-Oberfläche, an denen dann das Grundmaterial chemisch abgetragen wird. Hierbei werden keine mechanischen oder nennenswerte thermische Beanspruchungen auf das Grundmaterial ausgeübt. Es werden somit auch keine Spannungen in das Bauteil induziert, die später ggf. durch thermische Nachbehandlung wieder entfernt werden müssen, um Formhaltigkeit zu gewährleisten.

Auf diese Weise werden auch Grate oder ähnliche fertigungsbedingte Kantenungenauigkeiten an den jeweiligen Öffnungen vermieden. Eine mechanische Nachbearbeitung der Ätzteile kann deshalb entfallen. Bei Filtern, die abgestreift werden müssen um den Filterkuchen zu beseitigen ist die gratfreie Gestaltung der Kontaktfläche wichtig. Gleiches gilt beim Kontakt mit Stützstrukturen, die nicht zu Hinterschneidungen oder Hohlräumen führen dürfen, wo sich ungewollt Partikel oder Keime ablagern können (Bild 3).

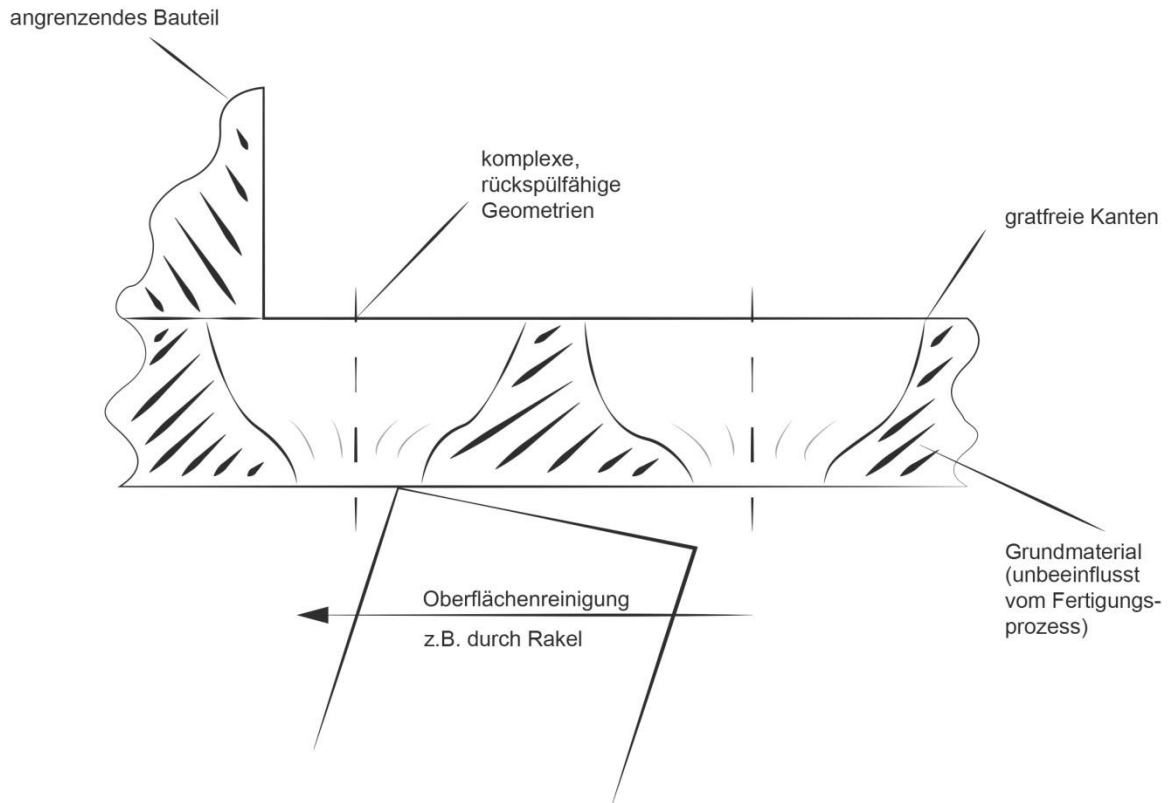


Bild 3: Allgemeine Vorteile des chemischen Ätzens

Einer der wichtigsten Vorteile der Ätztechnik liegt aber in der Tatsache, dass der Prozess unabhängig von der Komplexität der Struktur eine gleichbleibend hohe Produktivität aufweist. Durch die parallele, „werkzeuglose“ Bearbeitung der gesamten Bauteiloberfläche im Ätzbad werden aufwendigste Strukturen genauso schnell umgesetzt, wie einzelne individuelle z.B. kreisrunde Öffnungen (Bild 4).

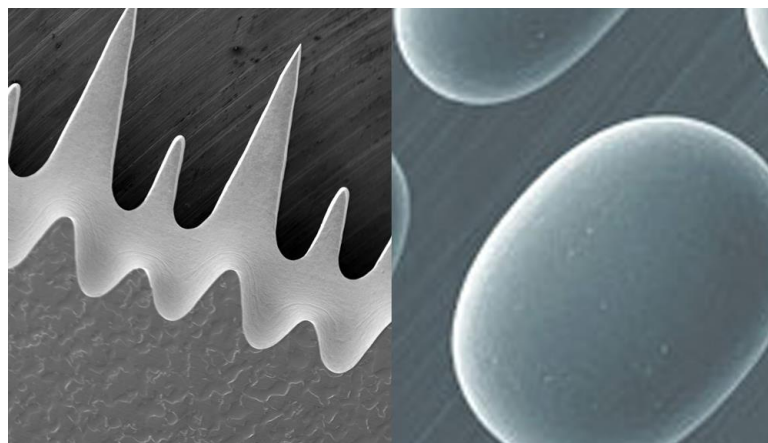


Bild 4: Ätztechnisch hergestellte Geometrien mit gleichbleibender Produktivität

Durch die „kraftlose“ Fertigungsmethode des Ätzens kann das Grundmaterial extrem geschwächt werden, also ein extrem hoher Anteil der Metalloberfläche geöffnet werden. Wo spangebende Verfahren oder auch die Stanztechnik an Grenzen stoßen, ist eine ätztechnische Realisierung weiterhin problemlos möglich.

Da beim Ätzen ein Fluid zum Abtrag des Metalls verwendet wird, sind in der dritten Dimension, also in die Bauteiltiefe hinein, keine geraden oder orthogonale Wandungen bzw. Kanten realisierbar. Es kommt zu Spülvorgängen, insbesondere nach dem Durchbrechen der beidseitig, parallel vorgetriebenen Ätzungen, die in Verwaschungen und Verrundungen enden. Allerdings wird dieser „Nachteil“ des chemischen Abtrags zu einem Vorteil, wenn sich dadurch in Filtern günstig rückspülbare Geometrien gestalten lassen (Bild 5). Derart konische Verläufe der Öffnungen sind problemlos herstellbar und können auch schräg in das Material gesetzt werden, in dem man die vorderseitige Struktur gegenüber der rückseitigen Struktur verschiebt. So lassen sich Strukturöffnungen im Element an bestimmte geometrische Positionen oder fluiddynamische Besonderheiten anpassen.

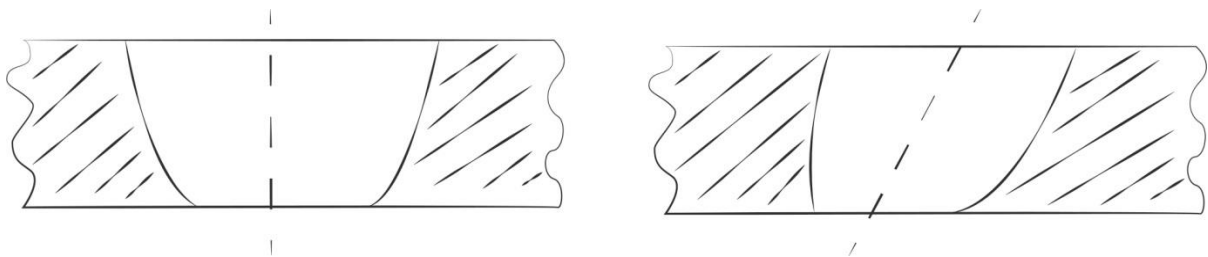


Bild 5: Varianten rückspülbarer Geometrien

Es ist auch denkbar die Dimension von Öffnungen im Material über die Fläche eines Bauelementes zu variieren, um bestimmten Bedingungen der Anströmung oder bereichsweise gewünschte, veränderte Filterwirkungen zu realisieren (Bild 6). Dieser Effekt ist insbesondere bei Diffusoren interessant und kann mittels gleichmäßiger Öffnungsverteilungen, wie in Geweben oder Vliesen, nur schwer realisiert werden.

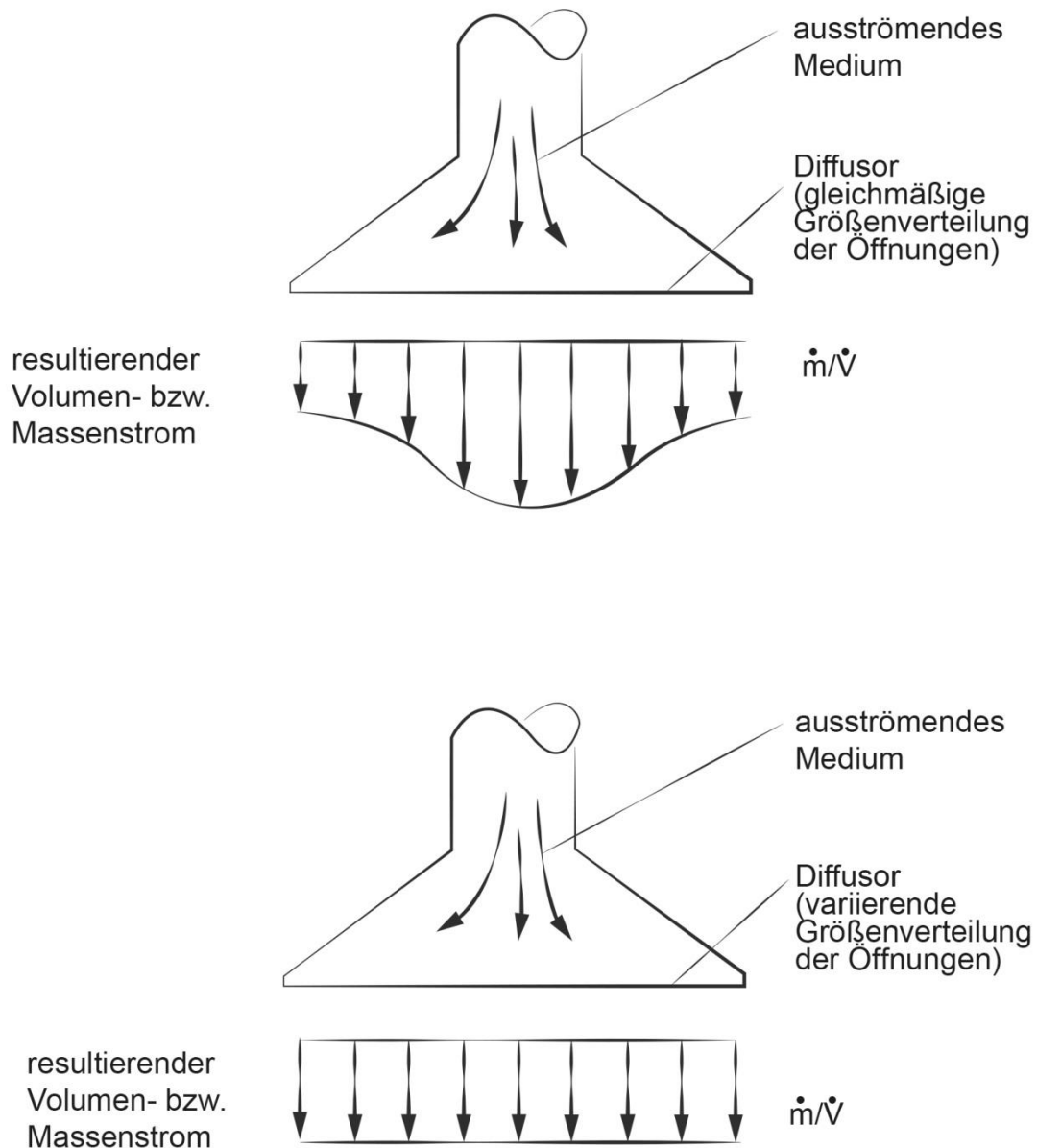


Bild 6: Kompensation von Strömungseffekten durch Variation der Öffnungsgeometrie

Die Tatsache, dass auf Vorder- und Rückseite eines Bauteils unterschiedliche Geometrien vorangetrieben werden können, erlaubt noch weitere Variationen, die hier gar nicht voll umfänglich beschrieben werden können. So ist es beispielsweise möglich in die Rückseite eines Bauteils einen Kanal anzuzüchten, der nur an bestimmten Stellen mit der Filterstruktur von der Vorderseite in Kontakt kommt. So lassen sich eventuell Anströmkanäle oder Mediumreservoirs realisieren. Der Phantasie des Konstrukteurs sind kaum Grenzen gesetzt.

Besonders interessant wird aber die Kombination verschiedener Lagen von Blechen, die ihrerseits durch Ätztechnik bearbeitet wurden und zu einem gemeinsamen Funktionselement zusammengepresst werden. So haben wir bisher lediglich Filter-, Separator- oder Diffusoröffnungen beschrieben die orthogonal zur Blechoberfläche in das Material vorgetrieben sind, wie beim klassischen Sieb. Schichtet man geätzte Bauteile, eröffnen sich aber noch ganz andere konstruktive Möglichkeiten (Bild 7).

Wie in der Abbildung zu sehen wird die Filterwirkung nun nicht mehr durch ein durchgeätztes Loch erzielt, sondern ist das Resultat einer **Anätzung** der Metalloberfläche und der zusätzlichen Begrenzung durch die Oberfläche des gestapelten Nachbarbauteils. Auf diese Weise können vielfältigste Geometrien von Filteröffnungen, aber auch Außengeometrien des gestapelten Filters erzeugt werden. Es kann somit auf individuelle Einbaubedingungen und Raumangebote eingegangen werden.

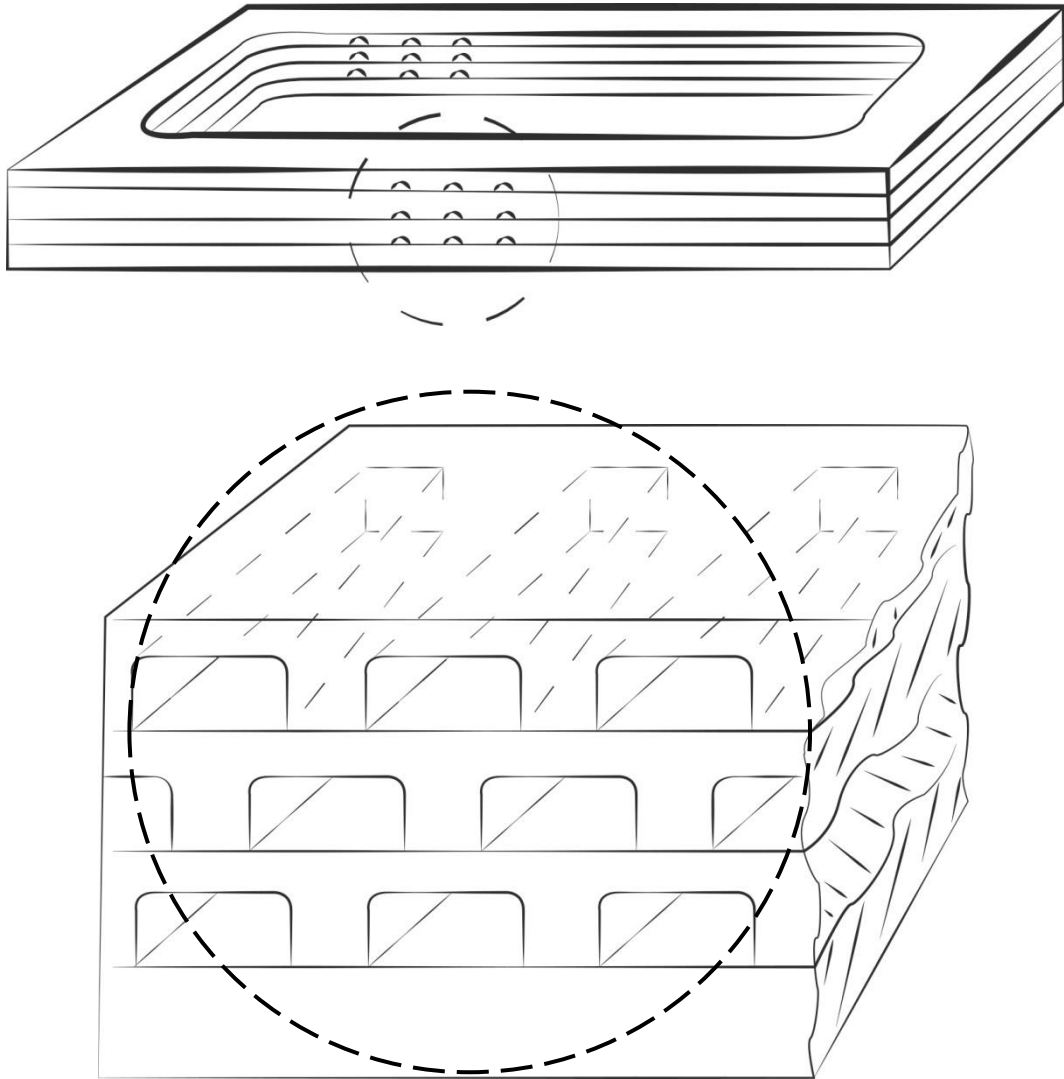


Bild 7: Geschichtetes Filterelement mit zentraler Abführung des Filtrats

Durch das Stapeln und Zusammenpressen vieler solcher Bauteile können solide dreidimensionale Filtersysteme konstruiert werden, die mit enormen Drücken betrieben und rückgespült werden können (extreme Standzeiten).

Es soll nicht unerwähnt bleiben, dass in die mittels Ätztechnik hergestellten Bauteile natürlich Befestigungs- und Referenzierungs-„Bohrungen“ im ersten Fertigungsgang mit eingebracht werden können, ohne an der Produktivität etwas zu ändern. Die Komplexität des einzelnen Bauteils muss nur in der lithografischen Vorlage abbildbar sein.

5. Zusammenfassung

Metallische Filter, Siebe/Separatoren und Diffusoren sind komplexe Bauteile, da sie umfassende Anforderungen an die verwendeten Fertigungsverfahren stellen. Aus meist wirtschaftlichen Gründen haben sich für diese Bauteile Fertigungsverfahren wie die Gewebe- und Vliesherstellung etabliert, die aber bei metallischen, hoch beanspruchten Funktionselementen an ihre Grenzen stoßen, auch und gerade im Sinne der Designfreiheit und der hinterschneidungsfreien Geometrie. Eine große Zahl von Öffnungen verschiedenster Geometrien in Metall wirtschaftlich einzubringen ist eine fertigungstechnische Herausforderung.

Das **Ätzen von Metall** bietet große Konstruktionsfreiheit bei flachen Bauteilen, auch und insbesondere, wenn wie bei Filtern, Sieben und Diffusoren eine hohe Anzahl von Öffnungen gleicher oder verschiedenster Geometrie benötigt wird. Es bietet aufgrund der Prozesscharakteristik weiteren Mehrwert, da Nachbehandlungen ggf. obsolet werden. Bei gestapelten Bauteilen eröffnen sich durch Anätzungen prinzipiell neue Gestaltungsmöglichkeiten für den Konstrukteur.

Die verkettete, kontinuierliche Ätztechnik erweitert den grundsätzlich durch Ätzen gegebenen Mehrwert noch um eine hohe Prozessstabilität/Fehlerfreiheit und höhere Wirtschaftlichkeit. Insbesondere wenn früh im Entwicklungszyklus einer Anwendung die Vorteile des industriellen Ätzens berücksichtigt werden, kann ein hoher Nutzen für die Applikation entstehen oder eine Applikation überhaupt erst möglich werden.

MICROMETAL GmbH hat sich auf die Fertigung hoher Stückzahlen von Metallbauteilen durch chemisches Ätzen spezialisiert. Wir beraten Sie gern als Entwicklungspartner, sollte einer der genannten Vorteile für Ihre Anwendung von Interesse sein.

Autor

Dipl.Ing.(FH) Michael Sillmann
Geschäftsführer Technik bei der micrometal GmbH
Michael.Sillmann@micrometal.de



Renkenrunsstraße 24
79379 Müllheim/Baden

Tel.: +49-(0)-7631-93688-0
Fax: +49-(0)-7631-93688-109
www.micrometal.de