

## MODULE

### LEGIO.module® mit LEGIO.bore® (Ultrafiltrationsmembranen)

Renschler-LEGIO.module® bieten erhebliche Vorteile bei der Filtration von Trinkwasser und industriellem Recyclingwasser.

LEGIO.bore® besteht aus Ultrafiltrationsmembranen und ist so konstruiert, dass 7 Kapillaren in eine einzelne schlauchförmige Hohlfasermembrane integriert sind. Diese bahnbrechende Technologie verhindert den Membranbruch, die häufigste Ursache für Fehlfunktionen beim anspruchsvollen Filtrieren von Wasser. Die in LEGIO.modulen® verwendeten LEGIO.bore®-Membranen versprechen höchste Leistung bei der Wasseraufbereitung. Renschler-LEGIO.module® können auch in Systeme und Anlagen, die ursprünglich für andere Membran-Typen entwickelt wurden, eingebaut werden.

LEGIO.bore® weist in einer Membrane 7 Kapillaren mit einem Innendurchmesser von je 0,9 mm auf. Die Membranen stellen eine neue Generation von Ultrafiltrations-Hohlfasermembranen dar, mit hoher Festigkeit und hoher Hydrophilie in Kombination mit sehr niedrigem Energieverbrauch.

Renschler-LEGIO.module® verfügen über eine unverwechselbare, hoch wirksame Ultrafiltrationstechnologie: extrem kleine Poren innerhalb der LEGIO.bore® entfernen zuverlässig Viren und Bakterien sowie chlorresistente Keime. 7 einzelne Kapillaren in nur einer schlauchförmigen Membrane ergeben eine kompakte Trägerstruktur mit dem Vorteil gegenüber herkömmlichen Membranen mit nur einer Bohrung (Singlebore-Membrane), dass sie die Stabilität um mehr als das 20-fache erhöhen und Membranbrüche mit größter Wahrscheinlichkeit ausschließen. Renschler-LEGIO.module® bieten deshalb hohe sowie wesentliche Kostensenkungen bei Reparatur und Wartung.

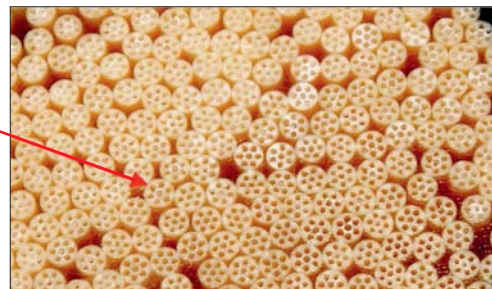


## LEGIO.module® mit LEGIO.bore® (Ultrafiltrationsmembranen)

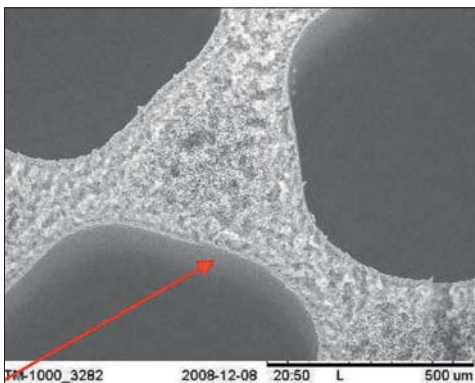
Renschler-LEGIO.module® garantieren wegen der optimierten Verteilung des Volumenstromes, mit einer effektiven Reinigungsleistung sowie mit variablen Betriebsmodi bei sehr niedrigem Druck eine hohe Qualität des aufbereiteten Wassers. LEGIO.module® erfordern auch weniger Rohrleitungen, Ventile und Prozesstechniken und kommen mit weniger Raumvolumen aus, was zu Einsparungen bei Gesamtinvestitionskosten und Installationsaufwand führt. Diese Faktoren machen diese Renschler-Produkte für private Anwender, kommunale Wasserwerke und industrielle Kunden interessant.



Single-bore-membran



LEGIO.bore®



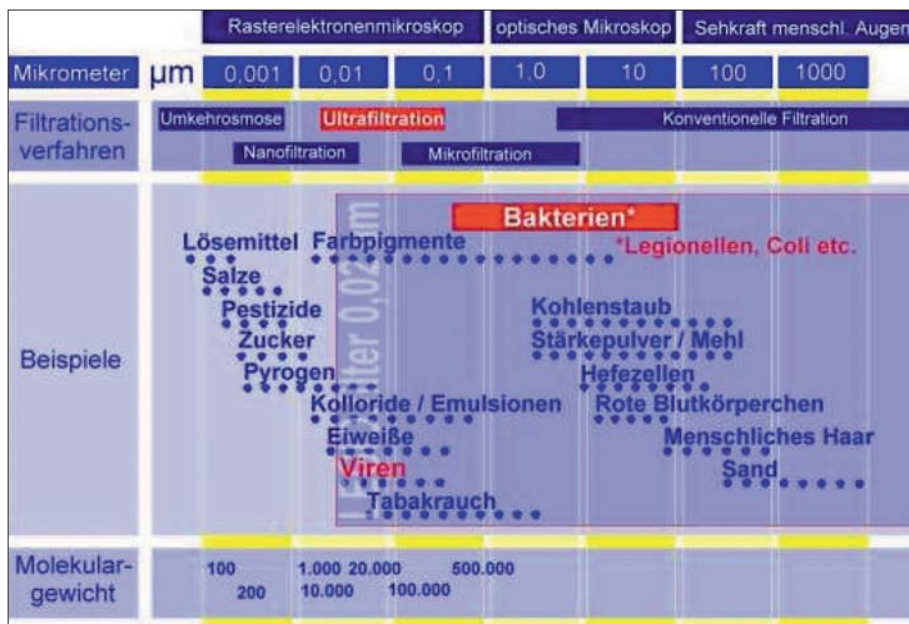
Trennschicht mit einer Porengröße von 0,02µm

Unter Berücksichtigung der bekannten Wasseraufbereitungsverfahren in industriellen und kommunalen Bereichen werden Ultrafiltrationsmembranen normalerweise mit einer Porengröße von ca. 0,02 Mikrometer (millionstel m) ausgewählt. Diese Porengröße bildet eine vollkommene Barriere gegen größere Partikel sowie gegen Bakterien und Viren. Verglichen mit der Mikrofiltration (Trenngrenze 1,0 – 0,1µm), die derartige Krankheitserreger nur zu einem kleinen Teil entfernt, ist die Ultrafiltration weitaus wirksamer.

## MODULE

Die Trenngrenze der **LEGIO.module®** (Ultrafiltrationsmembrane) unterscheidet sich stark von den konventionellen Aufbereitungsverfahren wie z. B. Media-Filter mit granularen Medien. Media-Filter haben eine deutlich größere nominale Porengröße und funktionieren mit einem auf Schwerkraft basierenden Filtrationsmechanismus. Im Gegensatz zu Systemen mit Tiefenfiltration arbeiten Renschler-**LEGIO.module®** mit einem Flächenentfernungsmechanismus, ähnlich einem feinen Sieb mit einer sehr gleichmäßigen Porengröße. Partikel, die größer sind als der Porendurchmesser, werden direkt auf der Membrane zurückgehalten. Dies ist ein wesentlicher Grund für die Einhaltung der strengen Qualitätsanforderungen im Bereich der Filtration von Mikrobiologie und Sedimenten. Mit Renschler-**LEGIO.module®** beeinflusst die Rohwasserqualität das Filtrationsergebnis nur quantitativ, nicht qualitativ.

Nominelle und absolute Effizienz der Filtration gehen bei **LEGIO.module®** einher mit einem kompakten Aufbau der gesamten Anlage, mit weniger Raumbedarf, höherer Automatisierung und weniger störanfälligem Betrieb sowie mit deutlich verringertem Einsatz von Chemikalien.

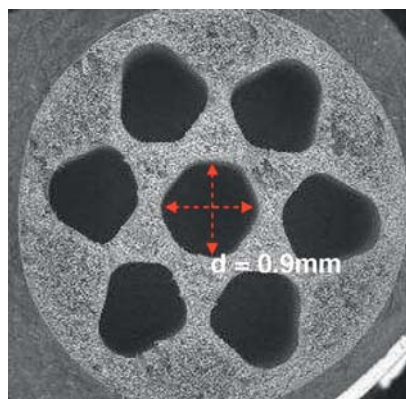


### Was macht **Renschler-LEGIO.module®** so unverwechselbar? 1) **LEGIO®** – Single bore / **LEGIO.bore®**

Ultrafiltrationsmembranen können als flache Platten oder als Hohlfasern hergestellt werden. Flachmembranen werden hauptsächlich in spezifischen Prozessen und bei schwierigen Abwässern angewendet, während Hohlfasermembranen den Bereich der Trinkwasser- und der industriellen Wasseraufbereitung dominieren.

Derzeit verfügbare Hohlfasermembranen, sind Membranen mit einer einzelnen Kapillare pro Membrane (Single-bore-Membrane) mit einem Innendurchmesser von 0,8 mm oder kleiner. Je kleiner allerdings der Membrandurchmesser, desto schwieriger wird es, alle wünschenswerten Anforderungen zu erfüllen: hohe Packungsdichte, unproblematische Rückspülbarkeit, geringe Verschmutzungsneigung, niedrige Betriebskosten, hohe Durchlässigkeit und gleichzeitig eine ausgeprägte mechanische Festigkeit für Membranintegrität. Single-bore-Membranen sind wegen der Beanspruchung während des Aufbereitungsprozesses sowie während der Rückspülzyklen besonders anfällig für Membranbrüche.

**Renschler-LEGIO.bore®** (Ultrafiltrationsmembranen) schließt die Möglichkeit von Membranbrüchen nahezu aus, weil 7 Kapillaren mit einem Innendurchmesser von je 0,9 mm in einer Membrane gefasst sind und dadurch eine stark erhöhte mechanische Festigkeit gewährleistet ist.



Querschnitt der **LEGIO.bore®**  
unter dem Rasterelektrodenmikroskop

## MODULE

### 2) LEGIO® – Chemische Voraussetzung

Die am Markt erhältlichen Ultrafiltrationsmembranen reichen von voll hydrophilen bis zu voll hydrophoben Membranen. **LEGIO.bore®** besteht aus Polyethersulfon (PES) und ist zwischen diesen beiden Extremen einzuordnen. Allerdings ist PES ideal geeignet, mit anderen Polymeren gemischt zu werden, um die Membraneigenschaften zu modifizieren, z.B. hinsichtlich der Affinität zu Wasser, ein wichtiger Parameter sowohl für die Aufbereitungsleistung als auch für den Reinigungsaufwand.

Durch die Verbindung mit hydrophilen Polymeren ist die Hydrophilie von **LEGIO.bore®** verbessert worden, ein weiterer Pluspunkt gegenüber Celluloseacetat (CA)-Membranen. Gleichwohl werden die biologische Abbaubarkeit und die geringen pH-Toleranzen (mit daraus folgenden Schwierigkeiten beim Reinigungsprozess) nicht beeinträchtigt. **LEGIO.bore®** bzw. das Membranmaterial PES ist über das erforderliche Maß hinaus chlorresistent. Das Material deckt einen extrem breiten pH-Bereich von pH 1 bis pH 13 und ermöglicht so eine sehr gute Reinigung bei anorganischen und organischen Belastungen.

Organische Biofouling-Ansammlungen (Akkumulation), verursacht von gelösten organischen Stoffen, sind bei weitem das häufigste Problem bei CA-Membranen, ausgelöst durch die hohe pH-Intoleranz. Umgekehrt lässt sich bei **LEGIO.bore®** mit dem Membranmaterial PES dieser organische Bewuchs sehr effizient entfernen, weil während der Reinigung pH-Werte von 12 oder höher zulässig sind.



### 3) LEGIO® – Anströmtechniken Inside-Out/Outside-In

Es gibt prinzipiell zwei Varianten, mit denen eine Membrane angeströmt und betrieben werden kann. Entweder wird das Rohwasser durch das Innere der Kapillare und über die Membranoberfläche nach außen zur Permeat-Ableitung geführt (Prinzip Inside-Out), oder es wird von den Außenwänden der Membrane nach innen in die Kapillare zur Permeat-Ableitung geführt (Outside-In). Dabei ist es wichtig darauf zu achten, wo die aktive Eliminierungsfläche der Membrane liegt. Bei der Anwendung des Prinzips Inside-Out ist diese aktive Oberfläche innerhalb, beim Prinzip Outside-In ist diese aktive Oberfläche außerhalb der Kapillare.

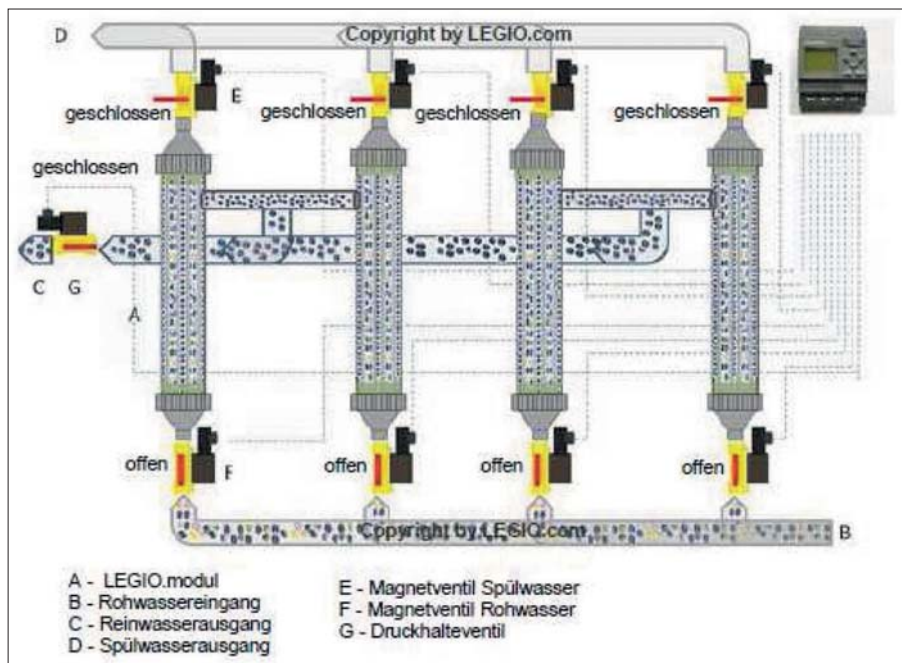
Bei der Anwendung des Prinzips Inside-Out wird das Rohwasser während des Filtrationsprozesses mit der Strömungsrichtung in die Kapillare geleitet, bei der Rückspülung erfolgt ein entgegengesetzter Prozess. Während der Rückspülung im Inside-Out-Prinzip ist die Strömungsrichtung von der äußeren Oberfläche der Membrane und gewährleistet, durch das Verteilungsrohr sowie die Membranstruktur, die gleichmäßige Verteilung der Strömung entlang der gesamten Länge der Membrane. Das ist entscheidend für die Reinigungsleistung während der Rückspülung sowie für die Reversibilität des **LEGIO.moduls®**.

Membranen, welche nach dem Inside-Out-Verfahren arbeiten, besitzen ein sehr geringes Volumen an kontaminiertem Rohwasser, weil das Rohwasser aus dem Inneren der Membrane nach außen fließt und ihr Volumen an Rohwasser somit viel kleiner ist als das Volumen außerhalb der Membrane. Dies hält das Rückspülen auch bei relativ kurzen Abständen wirtschaftlich und verhindert von Anfang an die Bildung einer Fouling-Schicht. In der Konsequenz kann mit niedrigem Betriebsdruck gearbeitet werden, chemische Reinigungen der Membran sind nur selten notwendig.

Die Abwässer der Rückspülung werden in kurzer Zeit und vollständig durch die Kanäle der Kapillare entfernt, die Aufbereitungsperioden sind deshalb länger und effizienter.

## MODULE

Verfahrensweise der Wasseraufbereitung im Prozess Inside-Out



## 4) LEGIO® – Überdruck- und Unterdruckbetrieben

In einem unter Druck stehenden **LEGIO.modul®** sind die Membranen in einem Gehäuse (Druckrohr) gebündelt. Hierbei kann das **LEGIO.modul®** durch eine Rohwasser-Druckerhöhungspumpe und, sofern benötigt, eine Ruckspulpumpe betrieben werden.

Im Gegensatz hierzu stehen die getauchten Membranen, die normalerweise in einem offenen Behälter schweben/hängen und in denen ein Vakuum auf der Filtratseite erzeugt wird, um das Permeat durch die Membranen anzusaugen. Gleichzeitig arbeiten getauchte Membranen in der Regel mit niedrigeren Volumenströmen (Flux), wo druckbetriebene Membranen weniger Membranfläche erfordern, um höhere Volumenströme (Flux) zu erzielen. Weiterhin können druckbetriebene Membranen in **LEGIO.modulen®** zu großen Systemen (**LEGIO.filter®**) vormontiert und so zum Kunden bzw. zur Baustelle geliefert werden.

Wartungs-, Ersatz- und Reinigungsprozesse (Cleaning in Place - CIP) sind bei druckbetriebenen Membranen einfacher, weil die **LEGIO.module®** direkt zugänglich sind. Hilfsmittel, z.B. Kräne, sind nicht erforderlich, um die getauchten Membranen aus den Tanks zu holen.

Anlagenbeispiel:  
druckbetriebener  
**LEGIO.modul®**  
mit horizontaler  
Ausrichtung





## MODULE

### 5) LEGIO® – Ausrichtung vertikal /horizontal

Bei der Einführung der Ultrafiltrationstechnologie wurde das System-Design so ausgeführt, dass der Einsatz von NF- oder RO-Systemen imitiert wurde. Dabei werden die NF- oder RO-Module in einen roh-förmigen Druckbehälter integriert und horizontal eingebaut. Der Betrieb erfolgt dann parallel. Jeder dieser Druckbehälter enthält hierbei bis zu vier Elemente. Das Rohwasser tritt an beiden Enden des Druckbehälters gleichzeitig ein mit der Folge, dass die Dead-End-Zone (Sackgasse) im Zentrum liegt. Das horizontal angeordnete Multi-Element birgt eine Reihe von Nachteilen in sich.

Der wichtigste Nachteil ist der schlechte Wirkungsgrad während der Rückspülung, denn es ist unmöglich, einen hohen Volumenstrom sowie eine gleichmäßige Verteilung des Spülwassers über die gesamte Länge des Elementes zu erreichen. Darüber hinaus gibt bei dieser Technik keine Möglichkeit, den entstandenen Dead-End-Bereiches in der Mitte des Elementes, wo sich die meisten der zurückgehaltenen Stoffe angesammelt haben, effektiv zu spülen. Wenn es zu Problemen mit der Integrität der Membranen kommt, bedeutet es einen hohen Aufwand, das betroffene Element zu identifizieren, da jedes der vier Module in einem Druckbehälter separat geprüft werden muss. O-Ringe zur Abdichtung der Module stellen eine weitere potentielle Ursache für Leckagen zwischen Roh- und Reinwasser (Permeat) dar, welches zur Kontamination führen kann.

Dagegen weisen vertikal konfigurierte **LEGIO.modulen**® diese Nachteile nicht auf. Ein wesentlicher Vorteil ist, dass das Rohwasser entweder an der oberen oder unteren Seite des **LEGIO.moduls**® zugeführt werden und das Abwasser der Rückspülung an der oberen oder unteren Seite des **LEGIO.moduls**® abgeführt werden kann. Diese Spülweise kann gleichzeitig oder abwechselnd nacheinander erfolgen. Weiterhin lassen sich die **LEGIO.module**®, wenn notwendig, für Wartungsarbeiten leicht entfernen. Es ist mit einem Rack-System sogar möglich, einen geringeren Platzbedarf zu erzielen, als dies mit einem horizontalen System möglich wäre. Ein wichtiger sicherheitsrelevanter Vorteil ist die Möglichkeit, einen auf Druckluft basierenden Integritätstest durchzuführen, da die Entlüftung der vertikal angeordneten **LEGIO.module**® einfacher und gründlicher ist und eine

mechanische Beanspruchung - wie durch Wasser und Luft verursachte Druckschläge – weitgehend vermeidet. Im Gegensatz dazu ist die ordnungsgemäße Entlüftung horizontal angeordneter Elemente sehr schwer zu erreichen.

### 6) LEGIO® – Verbesserte Hydrophilie

Die jüngste Entwicklung ist ein geschütztes Verfahren zur Herstellung von PES-Membranen mit deutlich verbesserten hydrophilen Eigenschaften und entsprechend effektiver Verhinderung des „Foulings“ auf der Membrane. Ein Problem, unter dem bislang alle Hohlfasermembranen leiden.

„Fouling“ tritt dann auf, wenn die verschmutzten Poren der Membranen den Austritt von Reinwasser (Permeat) aus der Membrane beeinträchtigen und so den Volumenstrom (Flux) schwächen. Die meisten PES-Membranen verwenden PVP (Polyvinylpyrrolidon) als Beschichtung, um die Hydrophilie der PES-Membrane zu erhöhen. Leider reduziert sich der Anteil von PVP im Laufe der Lebenszeit des Moduls durch das Auswaschen während des Betriebs, wodurch die hydrophilen Eigenschaften verringert werden und eine schnellere proportionale Verschmutzung eintritt.

Um dieses Problem zu lösen, wurde ein patentrechtlich geschütztes Additiv entwickelt, welches in die Struktur der PES-Membrane eingebunden wurde. Das neue Additiv kann nicht weggespült werden und reduziert somit das „Fouling“ auch nach einer langen Lebenszeit noch deutlich. Dadurch können die Membranen effizient gereinigt werden, mit entsprechend reduzierten Wartungs- und Betriebskosten.

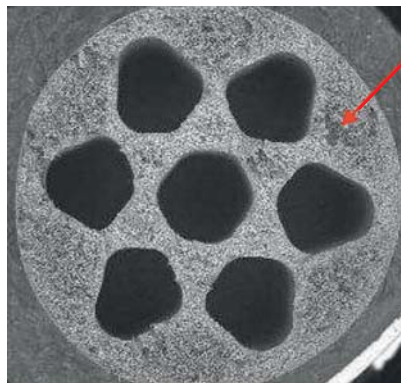
## MODULE

### 7) LEGIO® – offene Schaumstruktur und Oberfläche

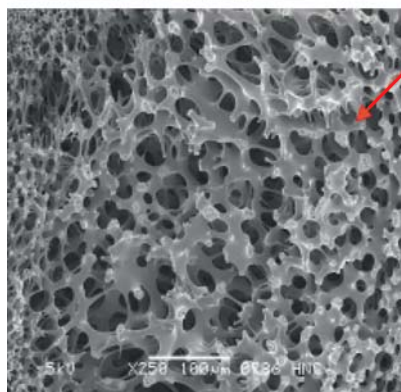
Mit der von uns angewandten Fertigungstechnik ist sichergestellt, dass die äußere Schicht der Hohlfasermembranen offen bleibt.

Hohlfasermembranen werden durch einen Intrusions- und Extrusionsprozess hergestellt, welcher auch als „spinning“ bezeichnet wird. Im Allgemeinen wird die Oberfläche der Membrane während der Extrusion im Herstellungsprozess geschlossen. Für die Single-bore-Membrane ist das nützlich, weil es ihr zusätzliche strukturelle Stabilität verleiht. Allerdings muss für diese zusätzliche Stabilität ein gravierender Nachteil in Kauf genommen werden, da die geschlossene Oberfläche den Abfluss des Wassers aus der Membrane verhindert, mit reduzierter Effizienz. Jedoch lohnt sich eine Erhöhung der Membranstruktur bei Single-bore-Membranen, um eine adäquate System-Lebenszeit zu erreichen.

Auf der anderen Seite sind **LEGIO.bore®**-Membranen 20-mal belastbarer als typische Single-bore-Membranen. Die zusätzliche Verstärkung der Membrane durch die geschlossene Oberfläche bietet wenig Nutzen, die Effizienz sinkt unnötig. Aus diesem Grund wurde ein Verfahren zur Herstellung von Membranen mit einer offenen Oberfläche entwickelt: für einen erhöhten Durchfluss durch die Membrane und damit mit gesteigerter Effizienz.



Offene Schaumstruktur der LEGIO.bore®



gleichmäßige Struktur der Membranoberfläche auf der Innenoberfläche der LEGIO.bore®

## Zusammenfassung LEGIO.modul® und LEGIO.bore®

### 1) Membrane

- Ein Membranbruch wird auf Grund der ausgezeichneten mechanischen Festigkeit der Membrane nahezu ausgeschlossen.
- 7 Kapillaren in einer Membrane mit einem wabenförmigen Querschnitt gewährleisten eine enorme Festigkeit.
- es ist ein umfassender Schutz gegen Viren und Bakterien gegeben ist, weshalb nur in wenigen Fällen eine Nachbehandlung notwendig wird und der Einsatz chemischer Mittel vermieden wird.
- die Produktivität wird gesteigert, Wartungsaufwand entfällt, weil Membranbrüche unwahrscheinlich sind.
- Renschler verwendet ein enorm hydrophiles Membranmaterial, bestehend aus modifiziertem PES.
- die Verschmutzung wird minimiert, weil der erhöhte Innendurchmesser (0,9 mm) eine bessere Toleranz gegen hohe Partikelbelastungen aufweist und der reduzierte Druckverlust zu einer verbesserten Rohwasser-Verteilung entlang der Membrane führt.
- unser System bietet die Möglichkeit der Rückspülung mit hohem Druck und bei hohen Fließgeschwindigkeiten während des Backflush (bedingt durch eine gleichmäßige Membranstruktur ergibt sich die hohe mechanische Membranfestigkeit).

## MODULE

### 2) Design des LEGIO.moduls

Hydro-dynamisch optimiertes Design. Durch einen ringförmigen Spalt zwischen Gehäuse und Verteilungsrohr wird das Filtrat gesammelt und die Rückspülung wird gleichmäßig im **LEGIO.modul®** eingeführt bzw. verteilt. Daraus ergibt sich eine nahezu konstante Radialgeschwindigkeit über den gesamten Moduldurchmesser mit der Folge, dass eine minimierte Verschmutzung durch sehr effizient ausgeführte Rückspülimpulse über den gesamten Querschnitt des **LEGIO.moduls®** ermöglicht wird.

Die hohe Integrität des **LEGIO.moduls®** ist gesichert, da keine O-Ringe vorhanden sind, um den Rohwasserstrom vom Filtrat (Reinwasser) zu trennen.

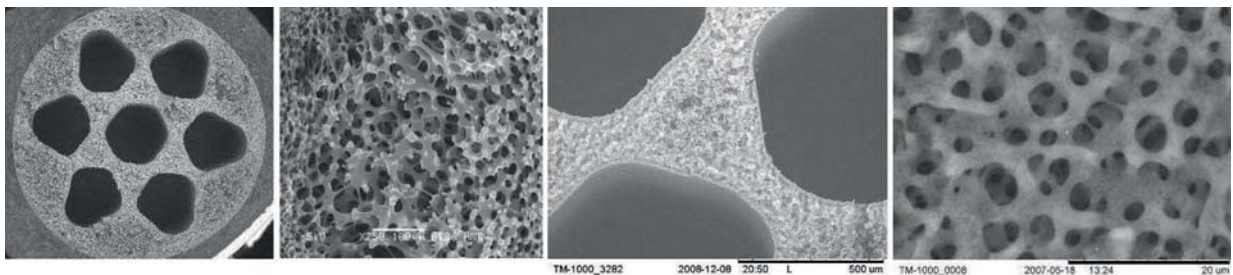
Des Weiteren ergibt sich eine maximierte Lebensdauer durch geringere mechanische Beanspruchung der Membranen.

Querschnitt 1  
der **LEGIO.bore®**

gleichmäßige  
Struktur der  
Membranoberfläche 1

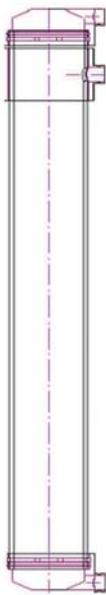
Querschnitt 2  
der **LEGIO.bore®**

gleichmäßige Struktur der  
Membranoberfläche 2





## Basisdaten des **Renschler**.Moduls:



Filtermethode:	Ultrafiltration
Membrantyp:	Polyethersulfon (PES)
Gehäusematerial:	PVC
Art der Filtration:	dead-end
Filtrationsweise „normaler Betrieb“:	Inside-Out
Membrandurchmesser:	4,2 mm
Anzahl der Kapillaren pro <b>LEGIO.bore®</b> :	7
Durchmesser der Kapillaren:	0,9 mm
Porendurchmesser:	20nm = 0,02 µm
Trenngrenze (MWCO):	100 kDa
Leistung (Coliforme Keime, E-Coli s):	99,99999 %, Log 7,65
Leistung (Pseudomonas):	99,999999 %, Log 8,1
Membran-Material:	Polyethersulfon
Max. transmembraner Druck (TPM):	2 – 2,5 bar
Beständigkeit Hypochlorit (NaOCl):	50 – 200 ppm (pro Reinigungsprozess)
Beständigkeit Wasserstoffperoxyd (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ):	100 – 200 ppm (pro Reinigungsprozess)
Max. Lebensdauer (Chlorbeständigkeit):	200 000 ppmh
Max. Wassertemperatur.:	40°C (bis 80°C bei Sondermodulen)
pH- Bereich:	3 – 10 (Aufbereitungsprozess)
pH- Bereich:	1 – 10 (Reinigungsprozess)
Permeabilität:	Abhängig von der Wasserbeschaffenheit
Flux:	Abhängig von der Wasserbeschaffenheit



Alle Bilder, Texte und Darstellungen sind urheberrechtlich geschützt. Die Verwendung bedarf einer schriftlichen Genehmigung durch die Renschler GmbH.