

Nanopartikel-Entfernung aus Reinstwasser – Herausforderungen in der Halbleiterindustrie

Rolf Berndt, RBFM Consulting, Dresden

Die extrem kleinen Strukturabmessungen moderner Halbleiter-Bauelemente wie Logik- und Speicher-Chips oder Sensoren erfordern mittlerweile die praktisch vollständige Abtrennung von Partikeln aus Reinstwasser im Größenbereich um 10 nm und darunter. Membranfilterelemente mit immer feineren Strukturen werden seit langem als „Last-Chance“-Filter eingesetzt, stoßen aber zunehmend an ihre Grenzen. Ihr Prozessverhalten unterscheidet sich grundlegend von statischen Membranfiltern mit Trenngrenzen um und über 1 μm :

- Der Abscheidegrad verschlechtert sich mit zunehmender Partikelbeladung und weist ein dezidiertes Minimum für prozessrelevante Partikelgrößen um 20 nm auf (Abb. 1, [1]);
- Die wachsende Partikelbeladung wird selbst bei kontinuierlichem, monatelangem Einsatz nicht durch einen relevant erhöhten Filterwiderstand angezeigt [2].

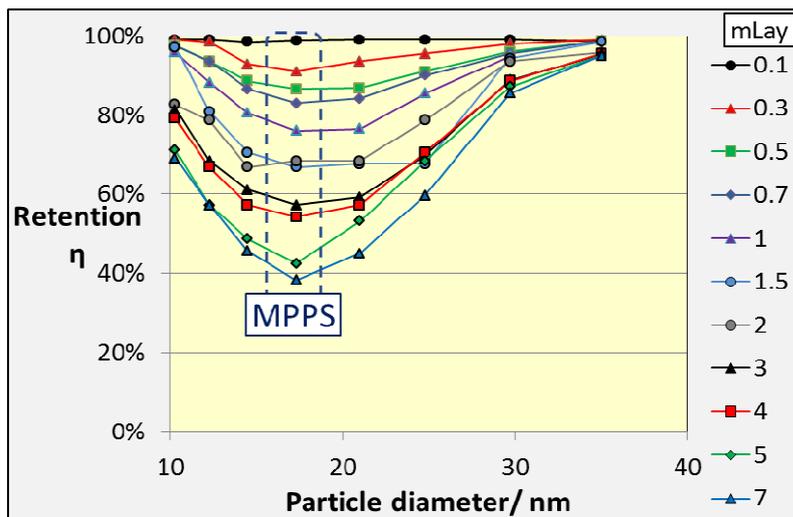


Abb. 1: Einfluss von Partikelgröße und Filterbeladung (als Anzahl theoretischer Partikelschichten) auf den Abscheidegrad eines Membranfilters

Dieses überraschende Verhalten resultiert zum einen aus den wirkenden Abscheide-mechanismen (Kombination aus Partikeldiffusion, geometrischen und Grenzflächeneffekten [3]) und zum anderen aus der Tatsache, dass die Membran-Poren deutlich größer sind als die abzuscheidenden Partikel. Messungen und theoretische Betrachtungen belegen dies und verdeutlichen gemeinsam mit Modellrechnungen, dass die konventionelle Membranfiltration im niedrigen Nanometerbereich als Tiefenfiltration anzusprechen ist.

Dies hat erhebliche praktische Folgen: Ob ein Membranfilterelement nach üblicher Einsatzdauer überhaupt noch den geforderten Partikelrückhalt gewährleistet, kann weder anhand des Druckverlustes noch (aus messtechnischen Gründen) anhand des Partikelzahlvergleichs vor und nach dem Filter erkannt werden. Der Anwender vertraut also unter Umständen

einem Filter, der aus Kostengründen noch im Einsatz ist, aber schon lange nicht mehr seine Sicherheitsfunktion erfüllt.

Intensiv wird an verbesserten Kriterien und Methoden zur fundierten Einsatzdauer-Entscheidung für konventionelle Filter gearbeitet. Alternativ ist an grundsätzlich neue Filtermembranen zu denken. Funktionalisierte und mehrschichtige Membranwerkstoffe sowie neuartige, asymmetrische statische Membranfilter mit Größenausschluss-Eigenschaften gehören dazu. Die Erzielung praktische Fortschritte und die Umsetzung der Ergebnisse werden alle Beteiligten noch vor große Herausforderungen stellen.

Literatur:

- [1] G. Van Schooneveld, M. Litchy et al.: *Characterizing the Retention of UPW Filters Using a Polydispersed Silica Challenge*. Ultrapure Water Micro Conference, 7.6.-8.6.2016, Austin, Texas
- [2] Ruth, J., Hesel, G. und R. Berndt: *Why to replace a filter – Lifetime limitations and replacement criteria*. Ultrapure Water Micro Conference, 3.6.-6.6.2019, Phoenix, Arizona
- [3] Berndt, R., Ruth, J. und G. Hesel: *Charakterisierung des Rückhaltevermögens von Filtern im Nanometer-Bereich – Herausforderungen und Lösungsansätze*. ProcessNet-Fachgruppe „Mechanische Flüssigkeitsabtrennung“, Merseburg, Februar 2018