

C14 - Elektrophorese & Elektroosmose

Elektrophorese Zetapotential, Brownsche Partikelgröße, Elektroosmose direkt im Laser-Streulicht-Mikroskop mittels Nanopartikel Tracking

Auspacken, aufstellen und intuitiv messen

ZetaView® Layout

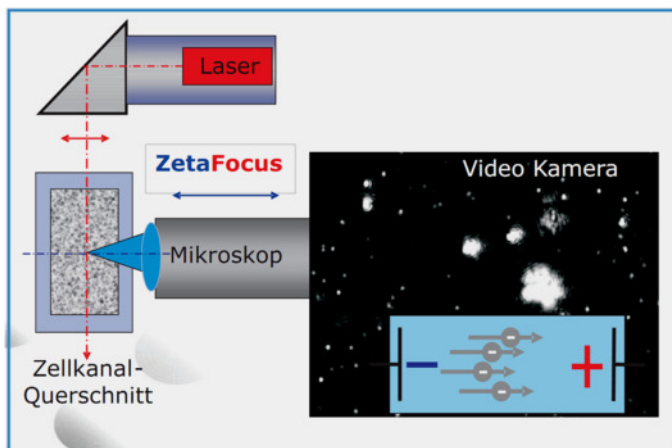


Abb. 1: Im ZetaView® Laser-Streulicht - Video -Mikroskop Brownsche Bewegung sehen und zur Partikelgrößenverteilung umrechnen lassen, Elektrophorese sehen und Zetapotential-Verteilung berechnen lassen, Elektroosmose - Profile messen und zur Qualitätsprüfung nutzen. Wenige Partikel blasenfrei messen. Das alles intuitiv und ohne lästige Justierarbeit. Wie gesagt: Auspacken, aufstellen und intuitiv messen.

Elektrophorese: Zetapotential - Verteilung während Kinetik

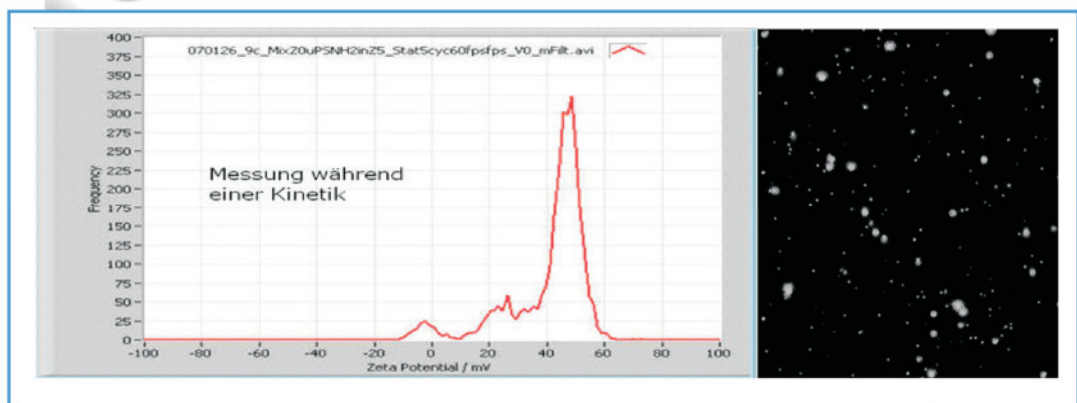


Abb. 2: Häufig bleiben die Mischungen von zwei unterschiedlich geladenen Materialien nicht bimodal in der Zetapotential-Verteilung. Das kann man schön in einer Kinetik mit Nanopartikel Tracking verfolgen. Für den Wissenschaftler mag es interessant sein herauszufinden, warum der stärkere Peak den schwächeren auffrisst. Das ist im linken Bild das kationische Material.

Auch tragen Agglomerate meist dieselbe Ladung wie die Primärpartikel. Das alles kann man original beobachten und dann natürlich im Elektrophorese - Experiment festhalten.

Im rechten Bild: 110 nm Partikel und Agglomerate.

Zetapotential - Verteilung: Qualitätsunterschiede sehen

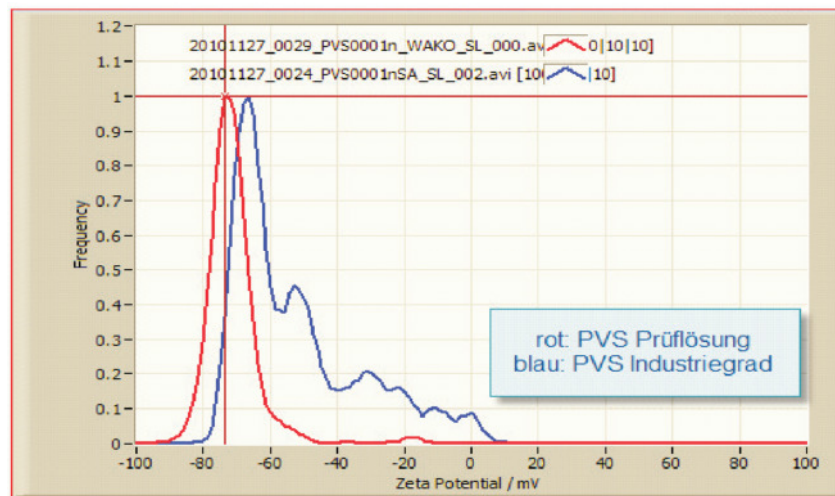


Abb. 3: Zetapotential - Verteilung zweier 0,001n anionischer Polymerlösungen. Beide dienen zur Ladungsmessung von Dispersionen und Polyelektrolytlösungen. Als Prüflösung wird die monomodale (rote Kurve) genommen. Warum bei der blau markierten Probe die Mehrmodalität bleibt, zumindest für Stunden, ist nicht bekannt.

Bimodalität bei unterschiedlichen pH-Einstellungen

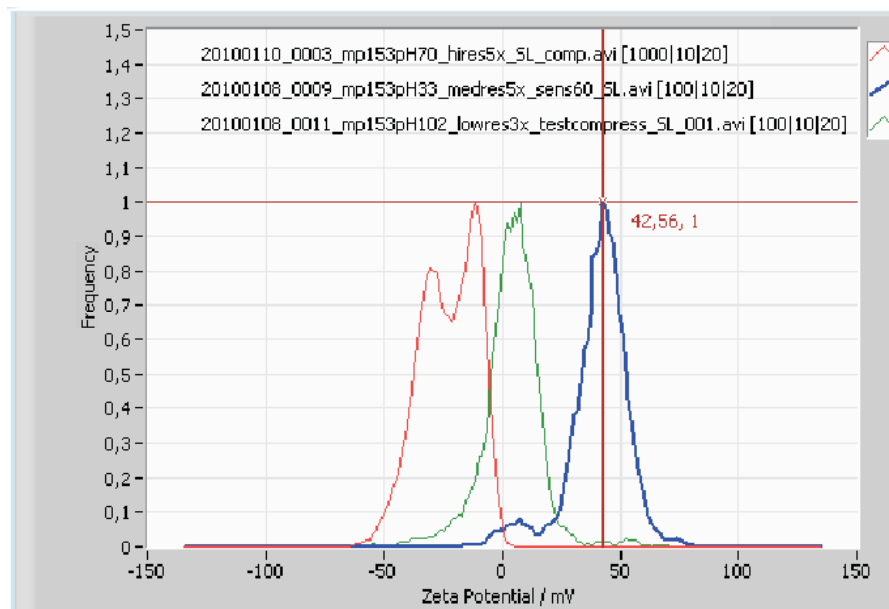


Abb. 4: Diese Probe, ein Polystyrol Latex von 153 nm, ändert sich sehr stark mit dem pH-Wert. Blau: pH=3,3; rot: pH=7,0; grün: pH=10,2. Eine Bimodalität scheint die Eigenart der Probe zu sein, möglicherweise zurückzuführen auf unterschiedliche Stoffkomponenten.

Anionic, neutral, cationic WALL: Influence to the flow profile

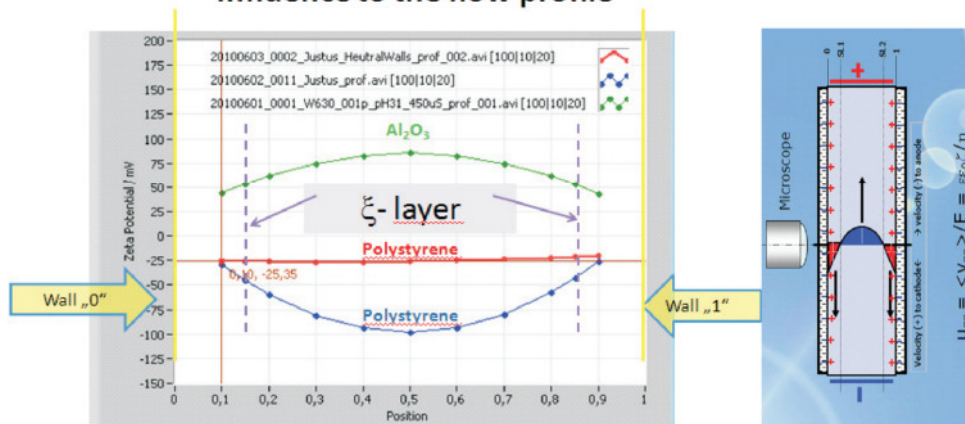


Abb. 5: Ausschnitte aus dem Zellkanal:

Links: Elektrophorese und Elektroosmose gleichzeitig. Die **Elektroosmose** ist im nächsten Absatz genauer hergeleitet. Sie verursacht in der Zelle ein parabelförmiges Strömungsprofil, wobei die zu untersuchenden Partikel von der elektroosmotischen Strömung mitbefördert werden. An den Wänden setzt die Strömung an. Da die Zelle geschlossen ist, dreht sich die Strömung um, sodass sie in der Mitte entgegengesetzt gerichtet ist (siehe Abb.5 rechts). So kommt es jeweils zwischen Zellmitte und einer Wand zu einer Strömungsumkehr. An dieser Stelle - der "quasistationären Schicht" - ist die Elektroosmoseströmung gleich Null (gestrichelte Linien).

Die an den Partikeln ansetzende **Elektrophorese** ist über den ganzen Zellquerschnitt gleichförmig und addiert sich als konstante Größe zum Geschwindigkeitsprofil der Elektroosmose. In den beiden quasi-stationären Schichten wird die reine Elektrophorese abgelesen. Die elektrophoretische Bewegung ist unabhängig von der Polarität der Ladung an den Zellwänden und unabhängig von der Ladungsdichte der Zellwände. Die Ladungsdichte ist nur verantwortlich für die Geschwindigkeit der Elektroosmose - Bewegung, also der Krümmung des Profils. Das Vorzeichen der Krümmung zeigt die Polarität der Wandladung an. Im Falle der blauen Kurve ist die Wandladung anionisch, wie man es von einer Glaswand erwartet. Bei der roten Kurve ist sie null. Ursache ist eine kationische Beschichtung, die gerade die anionische Ladung kompensiert. Bei der grünen Kurve ist die Wand kationisch. Kationische Beladungen können sich nur kurz halten wie bei Proteinproben beim Durchgang durch den isoelektrischen Punkt oder auch längere Zeit wie bei Metalloxiden.

Entstehung der Elektroosmose:

Bei anionischer Beladung der Zellwand, wie es bei einer sauberen Glasoberfläche der Fall ist, versuchen herbeigeeilte Kationen aus der Lösung die Wandladung durch Anhaften an derselben auszugleichen. Der mobile äußere Anteil der Kationen wird beim Anlegen eines elektrischen Feldes in Richtung Kathode bewegt, wobei die ganze Flüssigkeit von den Ionen angeschoben wird. Die Strömung muss in einer geschlossenen Zelle in der Zellmitte zurückfließen. An der Umkehrschicht, wie schon gesagt – die quasistationäre Schicht.

Der nützliche Aspekt der Elektroosmose

Vorweggenommen: Die Elektroosmose zeigt, was an den Zellwänden aller Messsysteme passiert, ob an Einweg- oder Mehrwegzellen, das ist egal. Bei der vorher erwähnten pH – Titration – beispielsweise an Proteinen – kehrt auch die Wandladung am isoelektrischen Punkt um, was bedeutet, dass die Proteine die Wände bedecken und entsprechend beladen. Abgelesen werden kann dies an der Richtung und Krümmung des Profils. Im ZetaView® wird die Elektroosmose zwar nicht an sich studiert, da man das Wandmaterial nicht definiert ändern kann. Sie dient aber der Kontrolle der Messqualität.

Sind die Wände schmutzbeladen und beschleunigen dadurch das Entstehen von Luftblasen an den Wänden und damit Inhomogenitäten des elektrischen Feldes, wird dies an der schlechten Reproduzierbarkeit von Profilen sichtbar. Dieser Qualitätsparameter wird neben der Zetapotential - Verteilung, der Parabelkrümmung und der Krümmungs-polarität in der Software ausgewiesen. Alle oben beschriebenen Effekte werden durch die Justierautomatik und die Software auseinandergehalten.

Analysenseite für ein Profil

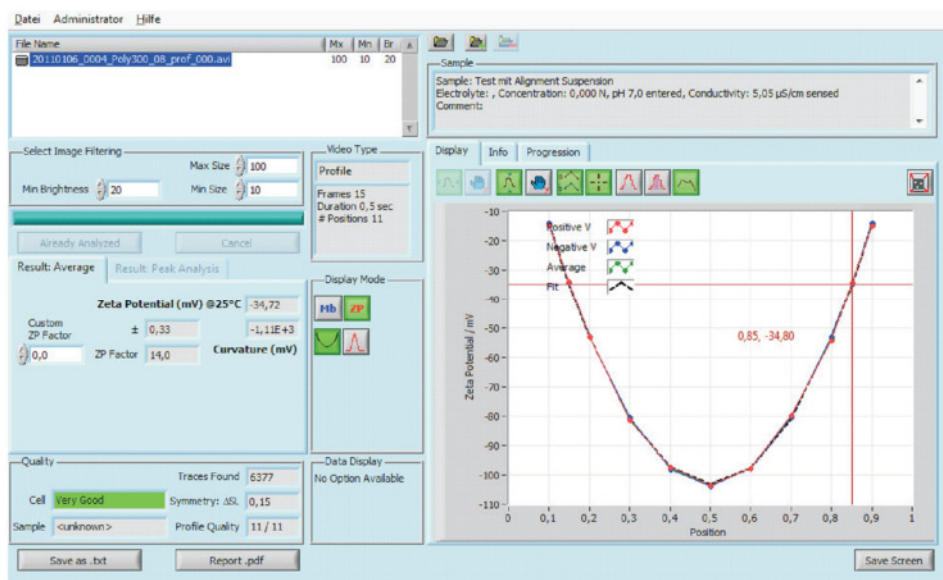




Abb. 6: Das Ergebnis, die oben diskutierte Krümmung mit Polarität, sowie weitere Qualitätsparameter sind links neben der graphischen Darstellung des Geschwindigkeitsprofils (umgerechnet in Smoluchowski Zetapotential) angegeben.

Durch Umschalten  , erhält man auch die Zetapotential-Verteilung (Abb. 7) an den beiden stationären Schichten. Die Textdatei, die dem Datenexport in Excel dient, enthält alle Ergebnisse und Parameter, die pdf-Datei davon ausgewählte.

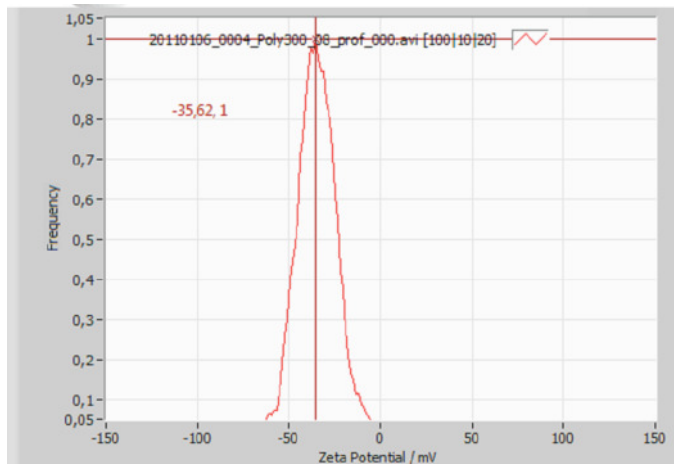




Abb. 7: Durch Umschalten  , erhält man wahlweise das Profil oder die Verteilung.

Fazit: Seeing is Believing!