



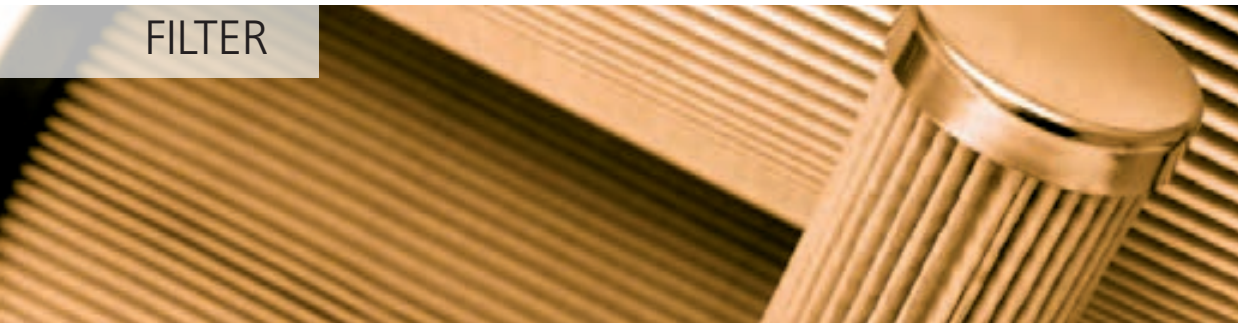
**IN THE WORLD  
OF PARTICLES  
PAMAS COUNTS**



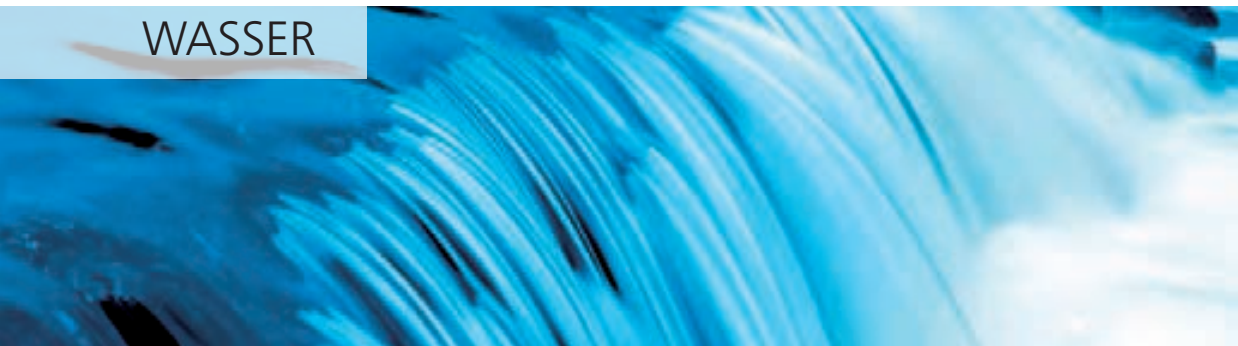
## PHARMAZIE



## FILTER



## WASSER



ÖL .....	4
BAUMASCHINENHYDRAULIK .....	6
TREIBSTOFFANALYSE .....	7
LUFTFAHRTHYDRAULIK.....	8
WASSERBASIERTE HYDRAULIK.....	9
PHARMAZIE.....	10
FILTER.....	12
WASSER.....	14
PARTIKELMESSUNG VON FLÜSSIGKEITEN .....	16
PHYSIKALISCHE GRUNDLAGEN.....	17
KALIBRIERNORMEN .....	18
GÄNGIGE REINHEITSKLASSENSTANDARDS .....	19

## GLOBAL PLAYER

PAMAS entwickelt, fertigt und vertreibt hochwertige Geräte für die Partikelmessung und -analyse. Um stets beste Qualität garantieren zu können, fertigen wir unsere Produkte – insbesondere das Herzstück der Geräte, den Sensor – grundsätzlich in eigener Verantwortung mit Unterstützung ausgewählter Zulieferer.

Für die Prozesskontrolle von hydraulischen Maschinen oder Schmieröl-systemen, für die Prozesssteuerung in der chemischen oder pharma-zeutischen Industrie und für die Prozessüberwachung bei der Wasser-aufbereitung sind PAMAS-Partikelmesssysteme die erste Wahl.

Unsere Mitarbeiter am Firmenhauptsitz in Deutschland und unsere seit der Gründung des Unternehmens 1992 kontinuierlich ausgebaut, weltweite Orientierung ermöglichen es uns, Kunden in allen Konti-nenten individuell zu beraten und zu betreuen.

Ein weit verzweigtes Netz von Niederlassungen und Vertretungen, die eng mit dem Stammhaus in Deutschland zusammen arbeiten, sichern global das konstant hohe Niveau unserer lösungsorientierten Systeme – auch nach der Investition.

## VISIONEN

PAMAS steht für kontinuierliche Weiterentwicklung sowie hohe Inno-vationskraft. PAMAS bietet Ihnen stetigen Fortschritt, da technische Stabilität auf hohem Niveau nur durch Wandlung und Ausbau ihre Qualität behält. In diesem Sinne verbessern wir auch ständig unser Qualitätsmanagementsystem. Die Erstzertifizierung der Firma PAMAS nach ISO 9001 erfolgte im Jahr 2003.

## ENTWICKLUNG

Unsere Erkenntnisse fließen nicht nur in unsere Produktreihen ein. Wir stellen unsere Expertise auch zahlreichen Normungsgremien und Kommis-sionen zur Erarbeitung von Standards zur Verfügung, in denen wir aktiv mitarbeiten.

Ob Optoelektronik, Maschinenbau, Programmierung, Elektrotechnik oder Mechatronik – der fachübergreifende Austausch unserer Experten wäh-rend des gesamten Entwicklungsprozesses schließt viele Fehlerquellen von vornherein aus, da jederzeit engste Abstimmung betrieben wird.

Unser Wissen auf dem Gebiet der volumetrischen Messtechnik im Un-terschied zu in-situ-Messzellen garantiert Ihnen die vollkommen exakte Partikelzählung. Das schützt vor teuren Ausfällen.

## SERVICE

PAMAS verfügt über ein weltweites Netzwerk an Niederlassungen und Vertretungen, das ständig ausgebaut wird.

Reparaturen und Ersatzteile können wir innerhalb von 24 Stunden weltweit durchführen bzw. bereitstellen, da alle Niederlassungen und Vertretungen über dasselbe Know-how wie das Stammhaus in Deutsch-land verfügen.

PAMAS unterhält ein engmaschiges Netz von qualifizierten und durch turnusmäßige Schulungen stets auf dem neuesten Stand der Entwicklung arbeitenden Servicetechnikern, die die Kalibrierung bei Ihnen vor Ort durchführen – damit Sie nicht länger als unbedingt nötig auf Ihr Gerät verzichten müssen.

## PRODUKTION

Die Prototypen unserer Geräte entwickeln wir in-house. Bei der Serienher-stellung unterstützen uns von PAMAS zertifizierte Hightech-Zulieferer. Die eigentliche Fertigstellung bzw. Endmontage und die Qualitätsprüfung vor der Auslieferung an unsere Kunden erfolgen in der internen Produktion im Stammhaus.







In Hydraulikanlagen und Schmierölsystemen werden Partikelzähler für die Reinheitskontrolle von Ölen eingesetzt. Eine permanente Zustandsüberwachung von Hydraulikanlagen und Schmierölsystemen ist Grundvoraussetzung für den laufenden Betrieb: Durch vorausschauende Untersuchungsmethoden kann überprüft werden, ob in naher Zukunft eine Wartung, Instandhaltung oder Reparatur erforderlich ist. Die tragbaren Partikelzähler der Produktserie **PAMAS S40** können sowohl für die Messung von Flaschenproben als auch für die mobile Onlinemessung vor Ort eingesetzt werden. Mit speziellen Vorrichtungen zur Druckreduzierung werden die Partikelzähler bereits bei der Herstellung an die Viskosität der Probenflüssigkeit und an den Umgebungsdruck angepasst. So erhält jeder Kunde das passende Analysesystem für seinen spezifischen Anwendungsbereich.

Partikelzähler von PAMAS können hohen Drücken bis zu 420 bar standhalten und sind somit bestens für die Analyse von Hydraulikflüssigkeiten geeignet: Bei der Onlinemessung wird die Hydraulikflüssigkeit im physikalischen Originalzustand unter hohem Druck analysiert. Eine Partikelanalyse unter praxisnahen Bedingungen bietet den Vorteil, dass die Partikelverunreinigung genauso vom Partikelzähler erfasst wird, wie sie in der Praxis tatsächlich auftritt. Das Ergebnis der Onlinemessung spiegelt somit die reale Verschmutzung in der Hydraulikanlage wider.

In tribologischen Systemen wird hochviskoses Schmieröl zur Verringerung der Reibung und zur Ableitung von Wärme eingesetzt. Das Öl bildet einen Schmierfilm und verhindert so den Verschleiß von Maschinenteilen (beispielsweise in Getrieben, Lagern, Walzen und Motoren).

Ein weiterer Einsatzbereich von automatischen Partikelzählern ist die Reinheitskontrolle von Isolieröl in flüssigkeitsgekühlten Hochleistungstransformatoren. Partikel im Öl beeinträchtigen die Durchschlagsfestigkeit des Isolieröls. Je nach Art der enthaltenen Partikel (Metall, Fasern, Schlamm, Wassertropfen) kann es zu einem Spannungsdurchschlag kommen. Dabei verringern die Partikel den Abstand zwischen dem leitenden Material. Partikelgehalt im Isolieröl kann dazu führen, dass das Öl selbst zum elektrischen Leiter wird und demzufolge nicht mehr isolierend wirkt. Bei Isolierölen ist solch ein Spannungsdurchschlag oftmals mit Explosionsgefahr oder zumindest mit einem hohen Ausfall- und Brandrisiko verbunden. Im Zuge der vorausschauenden Zustandsüberwachung kommt der Qualitätskontrolle von Isolieröl daher eine besondere Rolle zu.





# BAUMASCHINEN HYDRAULIK



Zur Wartung und vorbeugenden Instandhaltung werden Partikelzähler unter anderem für die Reinheitskontrolle von Hydraulikflüssigkeiten eingesetzt. Hydraulikflüssigkeiten dienen der Kraft- und Energieübertragung. Die Druckflüssigkeit überträgt die Energie von der Pumpe zur Kraftmaschine, wobei Art und Beschaffenheit von Hydraulikflüssigkeiten meist an die Anwendung angepasst sind. Am häufigsten werden Hydraulikflüssigkeiten auf Mineralöl-Basis verwendet. Hydrauliköl wird beispielsweise in mobilen Hydrauliksystemen wie Landmaschinen, Stapler und Hubwagen sowie in Förder- und Baumaschinen eingesetzt.

Die Partikelanalyse von Hydrauliköl erfolgt in den meisten Fällen gemäß einem Reinheitsklassenstandard wie beispielsweise ISO 4406:1999 (Hydraulic fluid power – Method for coding the level of contamination) oder SAE AS 4059 (Aerospace fluid power – Contamination classification for hydraulic fluids). Das Messergebnis gibt Aufschluss darüber, wie viele Partikel einer bestimmten Größe sich in einem Milliliter der Flüssigkeit befinden. Gemäß ISO 4406 werden die Partikelanzahlen für die drei Größenklassen  $> 4 \mu\text{m(c)}$ ,  $> 6 \mu\text{m(c)}$  und  $> 14 \mu\text{m(c)}$  ausgegeben. Der Standard SAE AS 4059 schreibt eine differenziertere Partikelzählung in den sechs Größenklassen  $> 4 \mu\text{m(c)}$ ,  $> 6 \mu\text{m(c)}$ ,  $> 14 \mu\text{m(c)}$ ,  $> 21 \mu\text{m(c)}$ ,  $> 38 \mu\text{m(c)}$  und  $> 70 \mu\text{m(c)}$  vor. Anhand des Ergebnisses kann der Anwender ablesen, ob das Öl gereinigt werden muss. Enthält das Öl ungewöhnlich viele Partikel, so deutet dies auf Verschleiß- und Abriebpartikel oder einen Filterdurchbruch hin. Der Anwender kann auf diese Weise frühzeitig erkennen, ob Hydraulikkomponenten oder Filter beschädigt sind.

Im speziellen Fall der Baumaschinenhydraulik wird die Partikelanalyse meist direkt vor Ort durchgeführt. Die Vor-Ort-Analyse erfolgt online, indem die Flüssigkeit über einen Bypass aus dem System geleitet wird und direkt in den Partikelzähler geführt wird. Die gemessene Probenflüssigkeit kann nach der Messung entweder ins Reservoir zurückgeführt werden oder in einen Abfallbehälter abfließen. Gegenüber der Offlinemessung im Labor bietet die Onlinemessung im Feld dem Anwender nicht nur eine Kosten- und Zeitersparnis, sondern sie verhindert auch die Notwendigkeit der Probenaufbereitung. Phänomene der Probenlagerung wie Sedimentation und Agglomeration treten bei der Onlinemessung gar nicht erst auf, da die Probenflüssigkeit nicht ins Labor transportiert wird und somit nicht umgefüllt und gelagert werden muss.

PAMAS bietet zu diesem Zweck tragbare Partikelmessgeräte vom Typ **PAMAS S40** und **PAMAS S4031** an. Mit diesen Partikelzählern kann sowohl online als auch aus jeder Art von Probenbehälter gemessen werden. Mit dem **PAMAS S40** werden Flüssigkeiten wie Öl, Treibstoff und Phosphat-Ester in 8 Größenklassen gemessen. Für eine differenziertere Art der Partikelanalyse eignet sich das **PAMAS S4031** mit bis zu 32 frei wählbaren Größenkanälen.



# TREIBSTOFF ANALYSE

7

Treibstoffe haben eine niedrigere Viskosität als Öl. In niederviskoserer Flüssigkeiten neigen Partikel dazu, sich am Boden abzusetzen (Sedimentierung) oder sich zu größeren Partikeln zusammenzulagern (Agglomeration). Eine Probenaufbereitung vor der Messung im Labor versetzt die Probe durch den Eintrag von Energie wieder in den Originalzustand zurück. Vor der Durchführung einer Partikelanalyse im Labor müssen Proben daher für die Messung aufbereitet werden.

Bei der Onlinemessung im Feld ist die Probenaufbereitung nicht erforderlich, da die Flüssigkeit noch während des Betriebes entnommen wird und somit in einem Zustand gemessen wird, der dem Realbetrieb sehr nahe kommt.

Damit es auch während der Messung nicht zur Sedimentierung und Agglomeration kommt, werden Partikelzähler für die Analyse von Treibstoffen durch spezielle bauliche Veränderungen am Durchflusspfad an die besonderen Anforderungen angepasst.

Für die Partikelanalyse von Flugzeugkraftstoff (Jetfuel) hat PAMAS das tragbare Partikelzählsystem **PAMAS S40 AVTUR** entwickelt, das für Online- und Offlinemessungen eingesetzt werden kann. Das System ist konform zur Analysemethode IP 577 des Energy Institute London und zum Standard DEF STAN 91-91 des britischen Verteidigungsministeriums.

Treibstoffe, die Wasser enthalten, können mit dem **PAMAS S50DP** analysiert werden. Dieser Online-Partikelzähler verfügt über ein integriertes Verdünnungssystem, das der Probe kontinuierlich eine zuvor definierte Menge eines niedrigviskosen Verdünnungsmittels zumischt. Ohne vorherige Verdünnung würde das im Treibstoff enthaltene Wasser zu fehlerhaften Ergebnissen führen. Im zugefügten Verdünnungsmittel lösen sich die Wassertropfen auf und können so die spätere Onlinemessung nicht mehr stören.



# LUFTFAHRT HYDRAULIK

Ein typischer Anwendungsbereich der optischen Partikelmessung mit Hilfe eines automatischen Partikelzählers ist die Reinheitskontrolle von Hydraulikflüssigkeiten. Diese Flüssigkeiten werden in hydraulischen Systemen zur Übertragung von Energie eingesetzt. Grundvoraussetzung für einen reibungslosen Anlagenbetrieb und für die kontinuierliche Aufrechterhaltung der Funktionsfähigkeit ist eine regelmäßige Zustandsüberwachung und Reinheitskontrolle der Betriebsflüssigkeit, damit auftretende Verunreinigungen nicht zu Systemausfällen führen.

In der Praxis kommen je nach Anwendungsbereich unterschiedliche Arten von Hydraulikflüssigkeiten zum Einsatz: ölbasierte Flüssigkeiten (z.B. Mineralöl), umweltfreundliche Hydraulikfluide (z.B. Wasser-Glykol-Gemische oder Polyglykole) und schwer entflammare Flüssigkeiten (z.B. Skydrol®).

Schwer entflammare Hydraulikflüssigkeiten werden vor allem dort eingesetzt, wo Mineralöle wegen der hohen Brandgefahr nicht verwendet werden dürfen (z.B. im Bergbau oder in der Luftfahrt). Eine in der Luftfahrt weit verbreitete Hydraulikflüssigkeit ist das Fluid Skydrol®. Für die Herstellung dieser nicht brennbaren Hydraulikflüssigkeit wird Phosphat-Ester mit Additiven angereichert. Neben dem niedrigen Brandrisiko hat Skydrol® noch einen weiteren Vorteil: Es bleibt auch bei niedrigeren Temperaturen in sehr kalter Umgebung in extremen Höhen gebrauchsfähig. Gerade wegen dieser Eigenschaft wird es vor allem für die hydraulische Bewegung von Flugzeugkomponenten verwendet.

Skydrol® ist eine ätzende Flüssigkeit, die aufgrund ihrer chemischen Zusammensetzung inkompatibel mit manchen Materialien ist. Um Korrosion zu vermeiden, müssen bei der Herstellung von Partikelzählern für Skydrol®-Anwendungen daher besondere chemisch beständige Materialien nach Herstellervorgaben verwendet werden. PAMAS hat Labor-, Online- und tragbare Partikelzähler im Sortiment, die für die Messung von Skydrol® eingesetzt werden können: Hierzu gehören beispielsweise die Modelle **PAMAS S40**, **PAMAS S40 GO** und **PAMAS SBSS**. Dank intelligenter Ausführung des Durchflussespfades und Verwendung von hochwertigen kompatiblen Materialien kann das **PAMAS SBSS** sowohl für ölbasierte Flüssigkeiten als auch für Skydrol® verwendet werden.



Aus Sicherheits- und Umweltschutzgründen werden hydraulische Systeme in der Offshore-Öl&Gas-Industrie mit biologisch abbaubaren Hydraulikflüssigkeiten betrieben. Diese bestehen aus Wasser-Glykol-Gemischen, die bei Austritt ins Meerwasser wesentlich geringeren Schaden anrichten als ölbasierte Hydraulikflüssigkeiten. Die Wasser-Glykol-Flüssigkeiten werden auch wegen ihrer Viskositätsstabilität bei Temperaturschwankungen bevorzugt. Zudem sind sie schwer entflammbar. Zu den Anwendungsbereichen im Offshore-Bereich gehören Untersee-Hydrauliksysteme („Christmas Trees“), Bohrlochventile, hydraulische Speicher und Pumpenaggregate sowie Unterseeversorgungsleitungen und Steuersysteme.

Für die Partikelanalyse von wasserbasierten Hydraulikflüssigkeiten stehen spezielle Messinstrumente zur Verfügung, die für die Kontaminationsanalyse im Offshore-Bereich konzipiert wurden. Die tragbaren Partikelzählermodelle **PAMAS S4031 WG** und **PAMAS S4031 GO WG** sowie die Laborinstrumente **PAMAS SBSS WG** und **PAMAS FastPatch 2 GO** und das Onlinegerät **PAMAS OLS50P WG** eignen sich für die Analyse von Wasser-Glykol-Flüssigkeiten und sind insbesondere auf Kompatibilität mit den folgenden Hydraulikflüssigkeiten getestet: MacDermid Oceanic HW 540/443/443R, Castrol Transaqua, Pelagic 100, Aqualink 325-F Houghton, Aqualink HT804F und Aqualink 300-F. Aufgrund ihrer Zuverlässigkeit haben sich Wasser-Glykol-Geräte von PAMAS im Offshore-Bereich bewährt.



## WASSERBASIERTE HYDRAULIK

# PHARMAZIE





Für die Partikelanalyse von pharmazeutischen Flüssigkeiten im Labor bietet PAMAS zwei Laborgeräte mit flexiblen Optionen und vielfältigen Ausstattungsmöglichkeiten an. Je nach Probenflüssigkeit steht dem Anwender so ein Partikelanalysesystem zur Verfügung, das perfekt auf seine spezifische Anwendung abgestimmt ist.

Das **PAMAS SVSS** (Small Volume Syringe System) eignet sich für die Analyse von niederviskosen Flüssigkeiten wie beispielsweise Infusionslösungen, Parenteralia, pharmazeutischen Suspensionen sowie intravenösen oder ophthalmischen Flüssigkeiten. Für höherviskose und für stark ausgasende Probenflüssigkeiten steht das

**PAMAS SBSS** (Syringe Bottle Sampling

System) zur Verfügung. Dieses Gerät ist mit einem zylinderförmigen Druckbehälter ausgestattet, in dem sowohl ein Überdruck als auch ein Vakuum erzeugt werden kann: Überdruck wird gebildet, um höherviskose Flüssigkeiten für die Messung durch den Sensor befördern zu können; Die Vakuumfunktion wird verwendet, um Gasblasen aus der Probenflüssigkeit zu entfernen.

Die Laborinstrumente **PAMAS SBSS** und **PAMAS SVSS** sowie die zugehörige Software **PAMAS USP** sind konform zu 21 CFR Part 11 und erfüllen die Vorgaben der Pharmakopöen USP, EP, BP, JP, KP und IPC.

Optional sind beide Standardmodelle auch für kleinste Probenmengen erhältlich: Mit dem Zusatzset Small Volume Kit kann das **PAMAS SVSS** kleinste Probenmengen von niederviskosen Flüssigkeiten aus Behältern ab 1 ml analysieren. Das **PAMAS SBSS** ist mit einem optionalen kleineren Druckbehälter lieferbar und kann so kleine Proben höherviskoser Flüssigkeiten aus Behältern ab 1,5 ml messen.

Für Anwendungen im Chemiebereich bietet PAMAS speziell aufgerüstete Partikelzählsysteme an. So können Durchflussspfade und Sensormesszellen beispielsweise an aggressive Medien angepasst werden. Die Materialien, die für diesen Anwendungsbereich verwendet werden, sind chemisch beständig und resistent gegen Korrosion.



# FILTER





Partikelzähler können unter anderem für die Leistungsbestimmung von Filtern eingesetzt werden. Die Güte eines Filters wird auch als Abscheideleistung oder Rückhaltegrad bezeichnet: Ein qualitativ hochwertiger Filter scheidet Feststoffpartikel effektiver ab als ein minderwertiger Filter.

Zur Ermittlung von Filterkenngrößen steht eine Vielzahl von genormten Testmethoden zur Verfügung, die jeweils auf die spezifischen Anforderungen einer bestimmten Branche zugeschnitten sind (z.B. Testverfahren für Wasserfilter oder für Hydraulikfilter).

Exemplarisch soll im Folgenden auf den nach ISO 16889 genormten Multi Pass Filter Test eingegangen werden, der mit Hilfe von automatischen Partikelzählern durchgeführt werden kann. Mit diesem Testverfahren können die Filterkenngrößen  $\beta$ -Wert, Abscheideleistung und Schmutzaufnahmekapazität ermittelt werden. Der Multi Pass Filter Test wird mit zwei Partikelzählern durchgeführt, die jeweils vor und nach dem Filter installiert werden. Im Gegensatz zum Single Pass Filter Test läuft die Flüssigkeit beim Multi Pass Filter Test nicht nur einmal, sondern kontinuierlich durch das System, d.h. sie zirkuliert in einem Kreislauf, in dem das Testfilter eingebaut ist. In diesen Testkreislauf wird permanent eine konstante Schmutzmenge eingebracht. Die Schmutzmenge wird teilweise vom Testfilter zurückgehalten und der Restschmutz mischt sich wieder mit der Testflüssigkeit, die mehrmals durch den Testfilter fließt. Der Multi Pass Filter Test wird solange durchgeführt, bis ein bestimmter Differenzdruck über dem Filter erreicht wird.

Für Single Pass und Multi Pass Filterteststände hat PAMAS das Partikelzählsystem **PAMAS 4132** entwickelt. Das System kann in die Teststände von Filterherstellern integriert werden und eignet sich für die Analyse unterschiedlicher Flüssigkeiten (z.B. Öl, Diesel, Wasser).



# WASSER





Ob Wasser rein und partikelfrei ist, kann mit unterschiedlichen optischen Messverfahren festgestellt werden. In Anlagen zur Wasseraufbereitung kommen beispielsweise Trübungsmessgeräte (z.B. Turbidimeter oder Nephelometer) oder automatische Partikelzählsysteme zum Einsatz. Während ein automatischer Partikelzähler jeden einzelnen Partikel detektiert, der die Messzelle während des Messvorgangs durchquert, erfasst ein Trübungsmesser nur die von den Partikeln verursachte Trübung. Die genaue Kenntnis über die Größe der Partikel ist insbesondere bei Wasseranwendungen unabdingbar, da sie beispielsweise bestimmte Bakterienarten oder insbesondere Fehler im System (z.B. Filterdurchbruch) schnell erkennt. Ein automatischer Partikelzähler liefert demnach ein facettenreicheres und aussagekräftigeres Analyseergebnis als ein Trübungsmessgerät.

Vier Partikelzähler aus dem Produktsortiment von PAMAS sind speziell für Wasseranwendungen konzipiert: Der **PAMAS WaterViewer** misst online und wird für die Zustandsüberwachung der Wasserqualität fest in den Anlagen installiert. Er eignet sich für die Reinheitskontrolle von Trinkwasser, gereinigtem Abwasser oder Industrierwasser und Rohwasser. Für die Überwachung von mehreren Wasserleitungen kann das Gerät an mehrere Messpunkte angeschlossen werden.

Der automatische Partikelzähler **PAMAS WaterViewer** hat sich als präzises und zuverlässiges Messinstrument bei der Wasseraufbereitung bewährt und ist bei vielen Anwendern bereits seit vielen Jahren erfolgreich in Einsatz. Wie zahlreiche Veröffentlichungen belegen, wird der **PAMAS WaterViewer** seitdem auch an vielen Hochschulen in Europa für Forschungszwecke eingesetzt, unter anderem an der Technischen Universität Delft in den Niederlanden, an der Lothringischen Universität in Nancy in Frankreich und an der Universität von Kuopio in Finnland. So konnte mit dem **PAMAS WaterViewer** beispielsweise überprüft werden, welche Faktoren den optimalen Aufbau von Wasserleitungen in Verteilungsanlagen bestimmen und bei welcher Filtrationsgeschwindigkeit Schwimmbadwasser am effizientesten aufbereitet werden kann.

Das zweite System, das speziell für die Anwendung in Wasseraufbereitungsanlagen entwickelt wurde, ist das **PAMAS FSA-2002** für die Messung von Flockungsgrößen. Bei der Aufbereitung von Trinkwasser werden oftmals Flockungsmittel verwendet. Diese binden die in der Flüssigkeit enthaltenen Schmutzstoffe zu Partikelagglomeraten. Bevor die geflockten Bestandteile gefiltert werden, wird mithilfe des Online-Partikelzählsystems **PAMAS FSA-2002** die Anzahl und Größe der Flocken überprüft. Anhand der Partikelgröße kann festgestellt werden, ob die Größe der Flocken für eine effektive Filtration ausreicht oder ob gegebenenfalls noch mehr Flockungsmittel hinzugegeben werden müssen.

Das dritte Partikelzählsystem für die Onlinemessung von Wasser ist der Online-Partikelzähler **PAMAS OLS4031**, der mit 32 Größenkanälen ausgestattet ist.

Für Anwender, die Wasserproben direkt vor Ort analysieren wollen, bietet PAMAS den tragbaren Partikelzähler **PAMAS S4031**.



## PARTIKELMESSUNG VON FLÜSSIGKEITEN

Für die Reinheitskontrolle von Flüssigkeiten entwickelt, produziert und vertreibt PAMAS automatische Partikelzähler, die die Verschmutzung von Flüssigkeiten zuverlässig messen. Die moderne und ausgereifte Sensortechnologie, die dabei verwendet wird, ermöglicht die Detektion von Partikeln ab 0,5 Mikrometer.

Der tatsächliche Verschmutzungsgrad einer Flüssigkeit kann mit bloßem Auge nicht festgestellt werden. Zur Analytik stehen unterschiedliche Methoden zur Auswahl. Verfahren wie z.B. Gravimetrie oder mikroskopische Auszählung sind jedoch zeitaufwändig oder anwenderabhängig und daher nicht objektiv.

Die schnellste objektive Analyse von Feststoffverschmutzung in Flüssigkeiten ist die Messung mittels eines automatischen optischen Partikelzählsystems. Ein solches Messinstrument zählt die Verschmutzungspartikel und klassifiziert sie der Größe nach. Alle ungelösten Partikel werden im jeweiligen Messbereich des zur Analyse benutzten Sensors komplett erfasst.

Partikel, die mit großer Geschwindigkeit und hohem Druck in den flüssigen Systemen von Turbinen, Einspritzanlagen oder in der Hydraulik- und Getriebeindustrie zirkulieren, können mechanische Teile zerstören. Die Verunreinigung mit Partikeln beeinträchtigt somit nicht nur die Qualität der betroffenen Flüssigkeit (z.B. pharmazeutische Lösungen, Trinkwasser und Industrierwasser), sondern auch die damit verbundenen Bauteile und Maschinen (z.B. in der Luftfahrt und in der Hydraulik allgemein).

Partikelmesstechnik wird angewandt, um die Reinheit von Flüssigkeiten zu überwachen und Qualitätsmängel und übermäßigen Abrieb festzustellen, um somit gegebenenfalls teure Maschinenausfälle zu vermeiden.

### Anwendungsbeispiele:

- Partikelverunreinigungen in Schmieröl bewirken Schäden in der Lagerung von bewegten Teilen.
- Verschmutzte hydraulische Flüssigkeiten lösen Schäden an Pumpen und Ventilen aus.
- Die Feststoffverschmutzung in Wasser oder in Medikamenten verursacht gesundheitliche Schäden.

Partikelzähler von PAMAS messen die Partikelverunreinigung von Flüssigkeiten und überwachen somit die Funktionalität von Filtern und die Sauberkeit von Flüssigkeiten. Im Gegensatz zu Trübungsmessgeräten und zu Instrumenten für die Korn-größenanalyse messen die Partikelzähler von PAMAS auch die Größe der einzelnen Partikel.





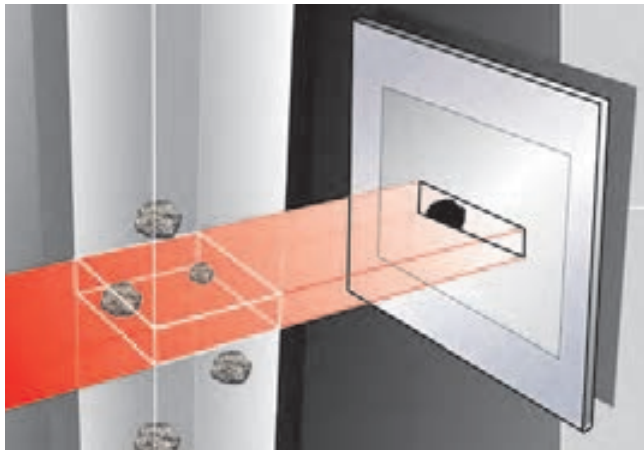
## PHYSIKALISCHE GRUNDLAGEN: FUNKTIONSPRINZIPIEN DER LICHTBLOCKADE UND DER LICHTSTREUUNG

Optische Partikelzähler arbeiten mit Licht. Die Lichtquelle strahlt bei diesen Analyseverfahren durch die Flüssigkeit. Die Lichtwellen werden beim Auftreffen auf die in der Messzelle befindlichen Partikel beispielsweise abgelenkt oder absorbiert. Aus der dabei entstehenden Veränderung können mit Hilfe eines zuvor kalibrierten Zählapparates Informationen über den Partikelgehalt der Flüssigkeit gewonnen werden.

Die Kontaminationsanalyse ist ein Verfahren zur Feststellung des Partikelgehaltes einer Flüssigkeit, die nicht nur die Partikelgröße, sondern auch die Partikelanzahl feststellt. Man unterscheidet im Wesentlichen zwei Methoden der Kontaminationsanalyse: das Lichtblockadeprinzip (Principle of Light Extinction), mit dem die Sensoren der Serie **PAMAS HCB-LD** arbeiten, und das Streulichtverfahren (Principle of Light Scattering), mit dem der Partikelsensor **PAMAS SLS-25/25** arbeitet.

### Das Lichtblockadeverfahren mit den Sensoren der Serie PAMAS HCB-LD

Partikelzählung mit  
Sensoren nach dem  
Lichtblockadeprinzip



Beim Lichtblockadeverfahren fließt die Flüssigkeit durch die Messzelle eines Sensors. Die Größe der Messzelle variiert je nach Anwendung. Auf der einen Seite der Messzelle befindet sich eine Lichtquelle, auf der anderen Seite eine Fotodiode. Im Falle einer reinen Flüssigkeit, die keine Partikel enthält, strahlt das Licht ungehindert auf die Fotodiode. Falls sich jedoch Partikel in der Flüssigkeit befinden, trifft der Lichtstrahl auf die Partikel und wirft dadurch einen Schatten auf die gegenüberliegende Fotodiode.

Der Schatten verursacht eine Stromänderung in der Fotodiode. Die Fläche des Schattens, der auf die Fotodiode projiziert wird, ist ein Maß für die Größe des erfassten Partikels. Der Partikelzähler übersetzt die Anzahl der Schatten in der Fotodiode in die entsprechende Partikelanzahl und ordnet die Größe der Partikel in unterschiedliche Größenklassen ein.

### Das Streulichtverfahren mit dem Sensor PAMAS SLS-25/25

Gegenstände, die beleuchtet werden, lenken das Licht aus seiner ursprünglichen Ausbreitungsrichtung ab und streuen es in alle Richtungen. Wie bei der Lichtblockademethode passieren die Partikel auf ihrem Durchflusspfad auch beim Streulichtverfahren ein intensiv beleuchtetes Volumen in der Messzelle. Allerdings wird in diesem Fall nicht das abgeschattete Licht ausgewertet, sondern das gestreute Licht. Das nicht abgelenkte bzw. gestreute Licht wird von einer Lichtfalle absorbiert. Falls sich keine Partikel in der Messzelle befinden, wird das Licht also vollständig von der Lichtfalle absorbiert.

Funktionsprinzip des  
Streulichtsensors  
PAMAS SLS-25/25



## KALIBRIERNORMEN

Die Messgenauigkeit von automatischen Partikelzählern wird durch die Kalibrierung sichergestellt. Je nach Anwendungsbereich werden Partikelzähler von PAMAS vor der Auslieferung im Einklang mit den internationalen Standards ISO 11171, ISO 4402 oder ISO 21501 kalibriert. Alle drei aufgeführten Kalibriernormen wurden von der International Organization for Standardization (ISO) in Genf herausgegeben. Partikelzähler für Wasser- und Pharmaanwendungen werden gemäß ISO 21501 mit monodispersen Latexpartikeln kalibriert. Für Ölanwendungen stehen die Kalibriernormen ISO 11171 und ISO 4402 zur Verfügung. Die Unterschiede zwischen den beiden Kalibriernormen ISO 11171 und ISO 4402 liegen unter anderem im verwendeten Kalibriermaterial, in der Maßeinheit für die Ausgabe der Partikelgrößen und in der industriellen Verbreitung.

### Kalibrierung gemäß ISO 11171

Der Kalibrierstandard ISO 11171 definiert die normgerechte Kalibrierung von automatischen Partikelzählern für die Kontaminationsanalyse von Hydraulikflüssigkeiten. Der Standard wurde erstmals im Jahr 1999 veröffentlicht und wurde 2010 überarbeitet. ISO 11171 legt Richtlinien für eine Standardkalibrierung von automatischen Partikelzählern fest, die die Bestimmung der Partikelgrößenverteilung sowie eine hohe Messgenauigkeit sicher stellt. Die Größe eines Partikels entspricht nach ISO 11171 dem Durchmesser eines flächengleichen Kreises. Die Abkürzung „ $\mu\text{m(c)}$ “ kennzeichnet die normierte Partikelgröße, wobei (c) für die Kalibrierung von automatischen Partikelzählern gemäß ISO 11171 steht. Diese Abkürzung ermöglicht die Unterscheidung der alten Maßeinheit nach ISO 4402 und der neuen Maßeinheit nach ISO 11171. Die Größe  $1\ \mu\text{m}$  entspricht ungefähr  $4\ \mu\text{m(c)}$ . Gemäß der Kalibriernorm ISO 11171 werden automatische Partikelzähler mit dem Teststaub ISO MTD (Medium Test Dust) kalibriert.

### Kalibrierung gemäß ISO 21501

Der Kalibrierstandard ISO 21501 normiert die Kalibrierung von Partikelzählern mit monodispersen Latexpartikeln. Die Norm ist in 4 Teile untergliedert: ISO 21501-2 definiert die Kalibrierung von Flüssigkeitspartikelzählern nach dem Streulichtprinzip, während sich der dritte Teil des Standards, ISO 21501-3, der Kalibrierung von Flüssigkeitspartikelzählern nach dem Lichtblockadeprinzip widmet. Der erste und vierte Teil richtet sich an die Partikelmessung in gasförmigen Medien mit Hilfe von Aerosolspektrometern und Luftpartikelzählern.

### Kalibrierung gemäß ISO 4402 (zurückgezogen)

Die Kalibriernorm ISO 4402 schreibt die Verwendung des Teststaubs ACFTD (Air Cleaner Fine Test Dust) vor. Im Jahr 1992 ist die Produktion des Teststaubs ACFTD eingestellt worden. Der Standard ISO 4402 stellt daher keine aktuelle Kalibriernorm dar, obwohl er in vielen Praxisbereichen noch verwendet wird. Die Partikelgröße wird gemäß ISO 4402 in der Maßeinheit  $\mu\text{m}$  angegeben. Die Kalibriernorm ISO 4402 definiert die längste Ausdehnung eines Partikels als Partikelgröße.





## GÄNGIGE REINHEITSKLASSENSTANDARDS

Nach der Analyse durch einen automatischen Partikelzähler liegen die Partikelanzahlen kumulativ oder differentiell in der Einheit „Partikel pro Milliliter“ vor. Wahlweise und je nach Wunsch des Anwenders können die Partikelanzahlen auch Partikel-Reinheitsklassen zugeordnet werden. Die Partikel-Reinheitsklassen werden im Wesentlichen von 9 gängigen Standards bestimmt. Reinheitsklassenstandards dienen der einheitlichen Verschmutzungsklassifizierung von Flüssigkeiten. Eine Auswertung nach Standard ermöglicht es dem Anwender, die Reinheit der Flüssigkeit schnell und einfach zu beurteilen.

Ein Beispiel: Der dreigliedrige Reinheitsklassencode ISO 4406 bezieht sich auf die Partikelgrößenkanäle  $> 4 \mu\text{m(c)}$ ,  $> 6 \mu\text{m(c)}$  und  $> 14 \mu\text{m(c)}$ . Mit der Reinheitsklasse 18/16/13 nach ISO 4406 wird demnach angegeben, dass die Probenflüssigkeit zwischen 1.300 und 2.500 Partikel pro Milliliter (Code 18) von der Partikelgröße  $> 4 \mu\text{m(c)}$  enthält. Davon sind 320 bis 640 Partikel pro Milliliter (Code 16) größer als  $6 \mu\text{m(c)}$ , während der Code 13 aussagt, dass die Flüssigkeit zwischen 40 und 80 Partikel enthält, die größer als  $14 \mu\text{m(c)}$  sind.

Reinheitsklassen- standard	Kalibriernorm und Kalibriermedium	Partikelgrößenkanäle	19
<b>DEF STAN 91-91</b>	Kalibrierung nach ISO 11171 mit Teststaub ISO MTD	drei Größenintervalle für die Partikelgrößen $> 4 \mu\text{m(c)}$ , $> 6 \mu\text{m(c)}$ und $> 14 \mu\text{m(c)}$	
<b>GJB 420</b>	Kalibrierung nach ISO 11171 mit Teststaub ISO MTD	sechs Größenintervalle für die Partikelgrößen $> 4 \mu\text{m(c)}$ , $> 6 \mu\text{m(c)}$ , $> 14 \mu\text{m(c)}$ , $> 21 \mu\text{m(c)}$ , $> 38 \mu\text{m(c)}$ und $> 70 \mu\text{m(c)}$	
<b>GOST 17216</b>	Kalibrierung nach ISO 4402 mit Teststaub ACFTD	Größenintervalle zwischen 0,5 und 200 $\mu\text{m}$	
<b>ISO 4406:1987 (zurückgezogen)</b>	Kalibrierung nach ISO 4402 mit Teststaub ACFTD	zwei bis drei Größenintervalle $> 5 \mu\text{m}$ und $> 15 \mu\text{m}$ bzw. $> 2 \mu\text{m}$ , $> 5 \mu\text{m}$ und $> 15 \mu\text{m}$	
<b>ISO 4406:1999</b>	Kalibrierung nach ISO 11171 mit Teststaub ISO MTD	drei Größenintervalle für die Partikelgrößen $> 4 \mu\text{m(c)}$ , $> 6 \mu\text{m(c)}$ und $> 14 \mu\text{m(c)}$	
<b>NAS 1638 (zurückgezogen)</b>	Kalibrierung meistens nach ISO 4402 mit Teststaub ACFTD	fünf Größenintervalle für die Partikelgrößen $> 5 \mu\text{m}$ , $> 15 \mu\text{m}$ , $> 25 \mu\text{m}$ , $> 50 \mu\text{m}$ , $> 100 \mu\text{m}$	
<b>SAE AS 4059</b>	Kalibrierung nach ISO 11171 mit Teststaub ISO MTD	sechs Größenintervalle für die Partikelgrößen $> 4 \mu\text{m(c)}$ , $> 6 \mu\text{m(c)}$ , $> 14 \mu\text{m(c)}$ , $> 21 \mu\text{m(c)}$ , $> 38 \mu\text{m(c)}$ und $> 70 \mu\text{m(c)}$	
<b>VDA-19</b>	Kalibrierung nach ISO 11171 mit Teststaub ISO MTD und nach ISO 21501 mit monodispersen Latexpartikeln	zehn Größenintervalle für die Partikelgrößen $> 5 \mu\text{m}$ , $> 15 \mu\text{m}$ , $> 25 \mu\text{m}$ , $> 50 \mu\text{m}$ , $> 100 \mu\text{m}$ , $> 150 \mu\text{m}$ , $> 200 \mu\text{m}$ , $> 400 \mu\text{m}$ , $> 600 \mu\text{m}$ und $> 1000 \mu\text{m}$	
<b>ISO 16232-10</b>	Kalibrierung nach ISO 11171 mit Teststaub ISO MTD und nach ISO 21501 mit monodispersen Latexpartikeln	zehn Größenintervalle für die Partikelgrößen $> 5 \mu\text{m}$ , $> 15 \mu\text{m}$ , $> 25 \mu\text{m}$ , $> 50 \mu\text{m}$ , $> 100 \mu\text{m}$ , $> 150 \mu\text{m}$ , $> 200 \mu\text{m}$ , $> 400 \mu\text{m}$ , $> 600 \mu\text{m}$ und $> 1000 \mu\text{m}$	



#### **PAMAS FIRMENSITZ IN DEUTSCHLAND:**

Dieselstraße 10  
D-71277 Rutesheim  
Telefon +49 71 52 99 63-0  
Telefax +49 71 52 99 63-32  
E-mail [info@pamas.de](mailto:info@pamas.de)  
Web [www.pamas.de](http://www.pamas.de)

#### **PAMAS VERTRIEBSBÜROS WELTWEIT:**

##### **PAMAS BENELUX**

MECHELEN / BELGIEN

##### **PAMAS FRANCE**

SAINT-JULIEN-EN-BORN / FRANKREICH

##### **PAMAS HISPANIA**

ALGORTA / SPANIEN

##### **PAMAS INDIA**

BANGALORE / INDIEN  
SONEPATH / INDIEN

##### **PAMAS LATIN AMERICA**

CURITIBA / BRASILIEN

##### **PAMAS UK**

CHESHIRE / GROSSBRITANNIEN

##### **PAMAS USA**

TULSA / OKLAHOMA  
HOUSTON / TEXAS