

Grenzflächen verstehen

Wo für andere Grenzflächen ein Phänomen bleiben,
helfen wir sie zu verstehen.



~~dataphysics~~

„Das Volumen des Festkörpers wurde von Gott geschaffen, seine Oberfläche aber wurde vom Teufel gemacht.“

Wolfgang Pauli (1900–1958)
Physik-Nobelpreisträger



Liebe Leserinnen und Leser,
Paulis Zitat macht deutlich, dass die Untersuchung von Oberflächen und Grenzflächen mitunter eine herausfordernde Aufgabe ist. Dieser nimmt sich DataPhysics Instruments getreu dem Motto „Understanding Interfaces“ seit 20 Jahren an und stellt Wissenschaftlern* in Forschung und Industrie weltweit hochspezialisierte Messgeräte zur Verfügung.

Lernen Sie diese Messgeräte mit den dahinter stehenden Messtechniken sowie die Firma DataPhysics Instruments mit ihrer Geschichte und ihrem engagierten Team auf den folgenden Seiten kennen und finden Sie heraus, wie es den Messtechnik-Experten immer wieder gelingt, „dem Teufel in die Karten zu schauen“.

Viel Vergnügen!

Inhalt

DataPhysics Instruments – Eine Erfolgsgeschichte	3
Optische Kontaktwinkelmessung	4
Tensiometrie	18
Spinning-Drop-Tensiometrie	22
Dispersionsstabilitätsanalyse	26
Applikations- und Schulungszentrum	30
DataPhysics Instruments weltweit	32
Das DataPhysics Instruments-Team	34

*Der Lesbarkeit halber steht in dieser Broschüre die männliche Form stellvertretend für Personen beiderlei Geschlechts.

DataPhysics Instruments – Eine Erfolgsgeschichte

DataPhysics Instruments steht heute weltweit für **leistungsstarke, hochqualitative und innovative Lösungen im Bereich der Oberflächen- und Grenzflächen-Messtechnik**. Davon profitieren bereits über 2500 zufriedene Kunden aus Wissenschaft und Industrie, die DataPhysics Instruments aufgrund spezialisierter Produkte und individueller, persönlicher Beratung als zuverlässigen und professionellen Partner schätzen. Und jährlich wächst ihre Zahl.

Den **Grundstein** für diese Erfolgsgeschichte legten im **August 1997** die damaligen Gesellschafter Dr. Ulrich Busch, Torsten Holz und Horst Rau, die in Filderstadt bei Stuttgart die DataPhysics Instruments GmbH mit zunächst sieben Mitarbeitern gründeten. Die **Vision der Gründer** war klar: mit einer hochqualifizierten Mannschaft aus Natur-

wissenschaftlern und Ingenieuren sollten in enger Zusammenarbeit mit späteren Kunden **zukunftsweisende Messgeräte mit hohem Anwendernutzen** entwickelt, hergestellt und weltweit vertrieben werden. Mit viel Einsatz, Begeisterung und Kreativität machte man sich also ans Werk und konnte bereits nach neun Monaten, auf der Analytica 1998, das erste optische Kontaktwinkelmessgerät der OCA-Serie vorstellen – **ein voller Erfolg!** In den folgenden Jahren wurde das Angebotsspektrum um zusätzliche Technologien wie Tensiometrie, Spinning-Drop-Tensiometrie und zuletzt optische Dispersionsstabilitätsanalyse erweitert, sodass sich DataPhysics Instruments, wie geplant, zum **Vollanbieter für Messgeräte zur Untersuchung grenzflächenchemischer Eigenschaften** entwickelte. Ein stetig wachsendes Zubehörportfolio und



Voller Energie in die Zukunft

umfassende Dienstleistungen im firmeneigenen Applikations- und Schulungszentrum komplettieren das Angebot des **Messtechnik-Experten**. Dieser hat sich 20 Jahre nach seiner Gründung **in führender Stellung am Markt etabliert** und 2017 sein Leitungsteam neu aufgestellt:

Die langjährigen Mitarbeiter **Jens-Ole Wund**, Diplom-Physiker und neuer Entwicklungsleiter, sowie **Nils Langer**, Diplom-Ingenieur und Verkaufsleiter, sind nun neben Gründer **Horst Rau** geschäftsführende Gesellschafter und brennen darauf, die DataPhysics Instruments-Erfolgsgeschichte in den kommenden Jahren fortzuschreiben. Die Voraussetzungen dafür sind bestens.



Optische Kontaktwinkelmessung

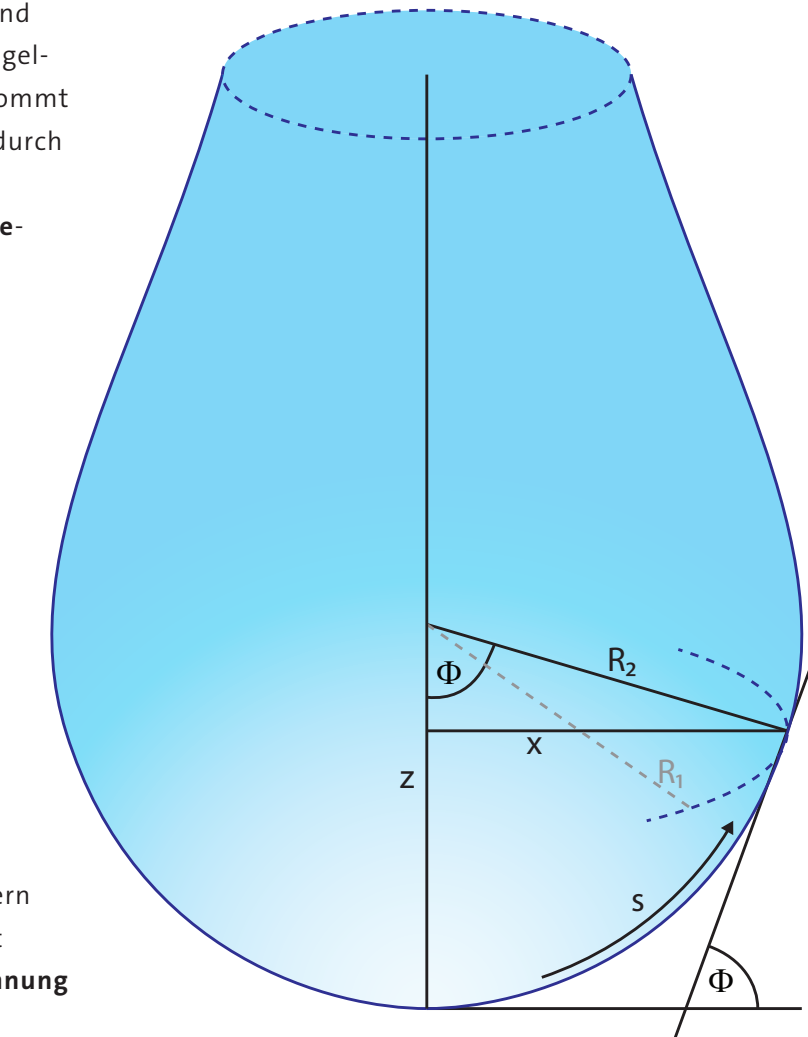
Die optische Analyse von Flüssigkeitstropfen, die an einer Dosiernadel hängen oder auf einer Festkörperoberfläche abgesetzt werden, ermöglicht die Bestimmung unterschiedlicher Ober- und Grenzflächenparameter. An abgesetzten Tropfen wird der **Kontaktwinkel** gemessen, der das **Benetzungsverhalten** einer Oberfläche mit einer Flüssigkeit charakterisiert. Über die Kontaktwinkel mehrerer Testflüssigkeiten lässt sich darüber hinaus die **Oberflächenenergie** des Festkörpers bestimmen und die **Adhäsionsarbeit** für verschiedene Flüssigkeiten berechnen. Die zuverlässige und experimentell einfache Messung des Kontaktwinkels hilft bei der Entwicklung von Oberflächenbeschichtungen, Verbundmaterialien, Farben und Lacken oder Reinigungsmitteln – kurz: überall dort, wo Festkörper und Flüssigkeiten aufeinander treffen und Benetzungs- und Haftungseigenschaften kontrolliert werden müssen.



Eines der anschaulichsten Beispiele für besonders hohe Kontaktwinkel finden wir in der Natur: Auf den Blättern der Lotosblume perlen Wassertropfen ab – es findet keine Benetzung statt. Weil die abperlenden Tropfen Schmutzpartikel abtransportieren, kommt es zu einem Selbstreinigungseffekt der Oberfläche. In vielen technischen Bereichen versucht man heute diesen „**Lotus-Effekt**“ nachzuempfinden. Selbstreinigende Fassaden, Keramik und andere Oberflächen werden entwickelt. Unverzichtbar dabei ist die Kontaktwinkelmessung.

und Tropfenkonturanalyse

Ein Flüssigkeitstropfen strebt aufgrund seiner Oberflächenspannung eine Kugelform an. Die typische Tropfenform kommt dadurch zustande, dass der Tropfen durch die Gravitation in die Länge gezogen wird. Dies wird bei der **Young-Laplace**-Auswertung von hängenden Tropfen ausgenutzt: Aus dem charakteristischen Tropfenprofil wird die **Oberflächenspannung** σ_L der Flüssigkeit bestimmt.

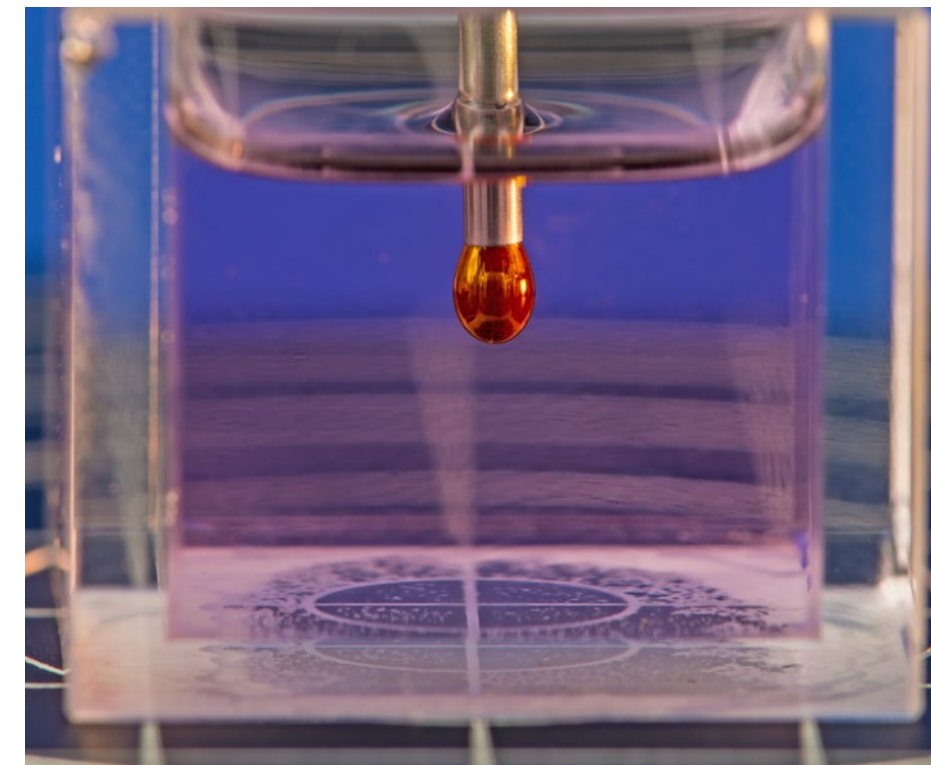


Benetzungsanalyse leicht gemacht

An der Drei-Phasen-Kontaktlinie eines abgesetzten Flüssigkeitstropfens bestimmt ein vektorielles Kräftegleichgewicht den Kontaktwinkel. Es wirken entlang der Festkörperoberfläche die Festkörperoberflächenenergie σ_S und entgegengesetzt die fest-flüssig-Grenzflächenenergie σ_{SL} , sowie tangential zur Tropfenoberfläche die Oberflächenspannung σ_L der Flüssigkeit. Dies lässt sich durch eine anschauliche skalare Gleichung ausdrücken:

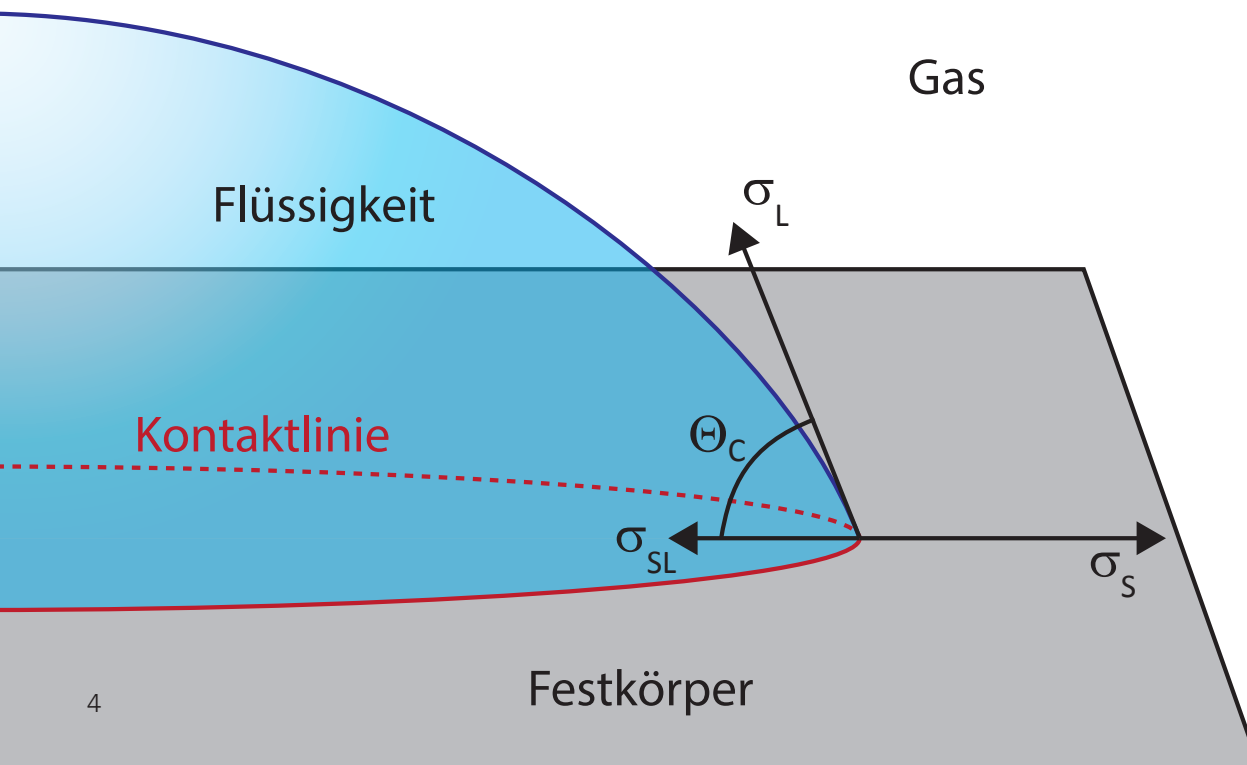
$$\sigma_L \cos \Theta_C = \sigma_S - \sigma_{SL} \quad \text{Young Gleichung}$$

Gemessen wird der Kontaktwinkel im Tropfenprofil. Dabei hilft eine Bildverarbeitungssoftware, die die Kontur und die Basislinie des Tropfens erkennt und durch geeignete Funktionen anfährt.



Ober- und Grenzflächen-spannung messen

Ist ein hängender Tropfen nicht von Luft, sondern von einer zweiten Flüssigkeit umgeben, so lässt sich aus der Tropfenform die **Grenzflächenspannung** zwischen den beiden Flüssigkeiten ableiten. Für die optische Auswertung muss die äußere Flüssigkeit transparent sein. Die innere Flüssigkeit kann, je nach Dichte, als herabhängender Tropfen oder aber über eine gebogene Nadel nach oben dosiert werden.



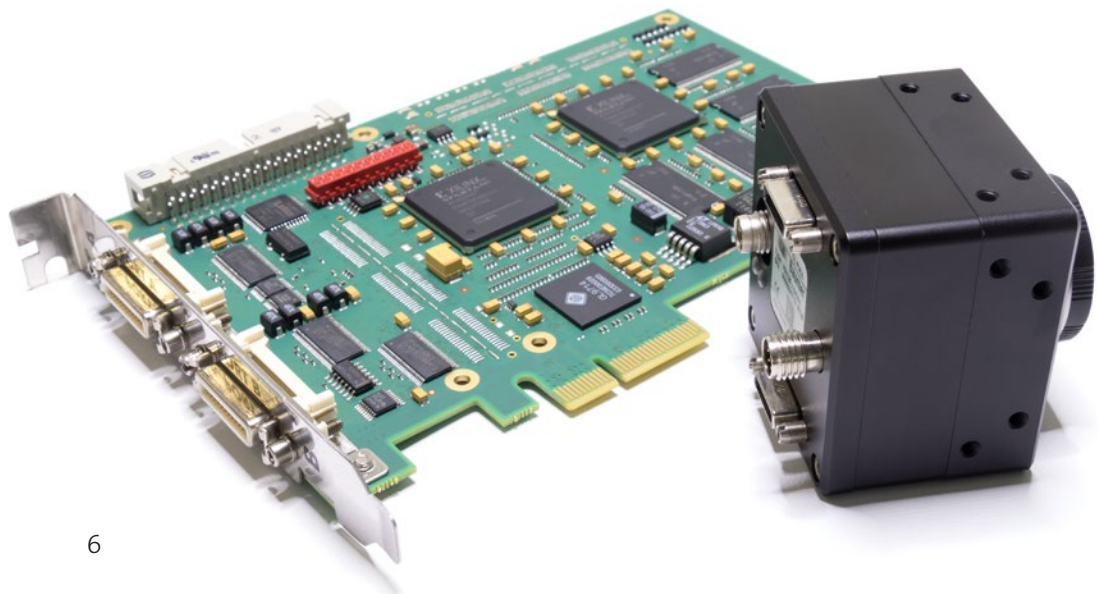
OCA Optical Contact Angle measuring and contour analysis system

Die optischen Kontaktwinkelmessgeräte und Konturanalysesysteme der **OCA-Serie** vereinen hochwertige **Optik**, punktgenaue **Flüssigkeitsdosierung** und präzise **Probenpositionierung** zu leistungsstarken und zuverlässigen Messsystemen.

Alle Modulkomponenten stehen dabei in unterschiedlichen Ausführungen zur Verfügung. So ergeben sich **zahlreiche Konfigurationsmöglichkeiten** vom einfachen, manuell zu bedienenden Basisgerät bis zum vollautomatisierten Hochleistungsmesssystem.

Jeder Tropfen perfekt dosiert

Ob manuell einstellbare Optik oder **vollautomatische Optikausrichtung** – messerscharfe Tropfenbilder sind mit allen Optiklösungen garantiert. Zur Beobachtung besonders kleiner Tröpfchen steht **Mikroskopoptik** zur Verfügung. Dank **Hochgeschwindigkeitskameras** gelingt die Analyse selbst schnellster Spreit- und Absorptionsprozesse.



Zur genauen und reproduzierbaren Tropfendosierung stehen unterschiedliche **Direktdosiersysteme** zur Verfügung. Diese arbeiten **schlauchlos**, mit Glas- oder Einwegspritzen, für kurze Vorbereitungszeiten und minimalen Reinigungsaufwand. Dies gilt gleichermaßen für manuell positionierbare **Einzel-Spritzenmodule** und automatisierte **Multi-Dosiersysteme** mit bis zu vier elektronisch wähl- und positionierbaren Spritzen.

Um besonders kleine Tröpfchen zu erzeugen, die zur Untersuchung mikrostrukturierter Proben benötigt werden, können außerdem **Spezialdosiermodule** eingesetzt werden.



Jede Probe perfekt positioniert

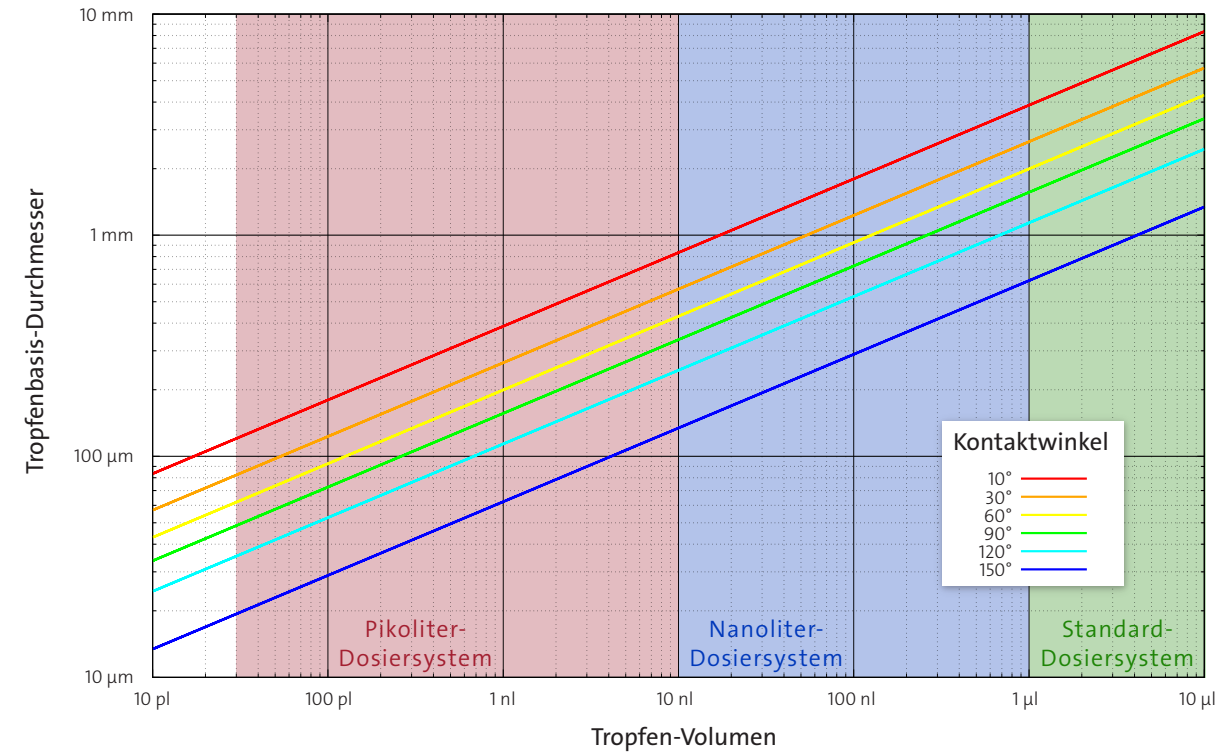
Manuell oder softwaregesteuerte **Präzisionsachsen** rücken jede Probe an die rechte Stelle. Dort kann die Probe mit einer von vielen speziellen **Probenhalterungen** festgehalten werden. So sind dann auch Tropfenabroll-Experimente mit **Kippvorrichtung** spielend durchführbar.



Kontaktwinkelmessung auf Mikrostrukturen

Voraussetzung für eine korrekte Kontaktwinkelmessung ist, dass der aufdosierte Flüssigkeitstropfen die Testfläche nicht ganz bis zum Rand oder gar darüber hinaus benetzt. Daher steht man bei der **Untersuchung von mikrostrukturierten Proben** wie elektronischen Leiterplatten, kleinen medizintechnischen Produkten, lithografischen Strukturen, feinmechanischen Bau- und Fügeteilen, Drähten oder Einzelfasern vor der Herausforderung, **besonders kleine Flüssigkeitstropfen** zu dosieren. Dies gelingt mit den **innovativen Spezialdosiersystemen** von DataPhysics Instruments.

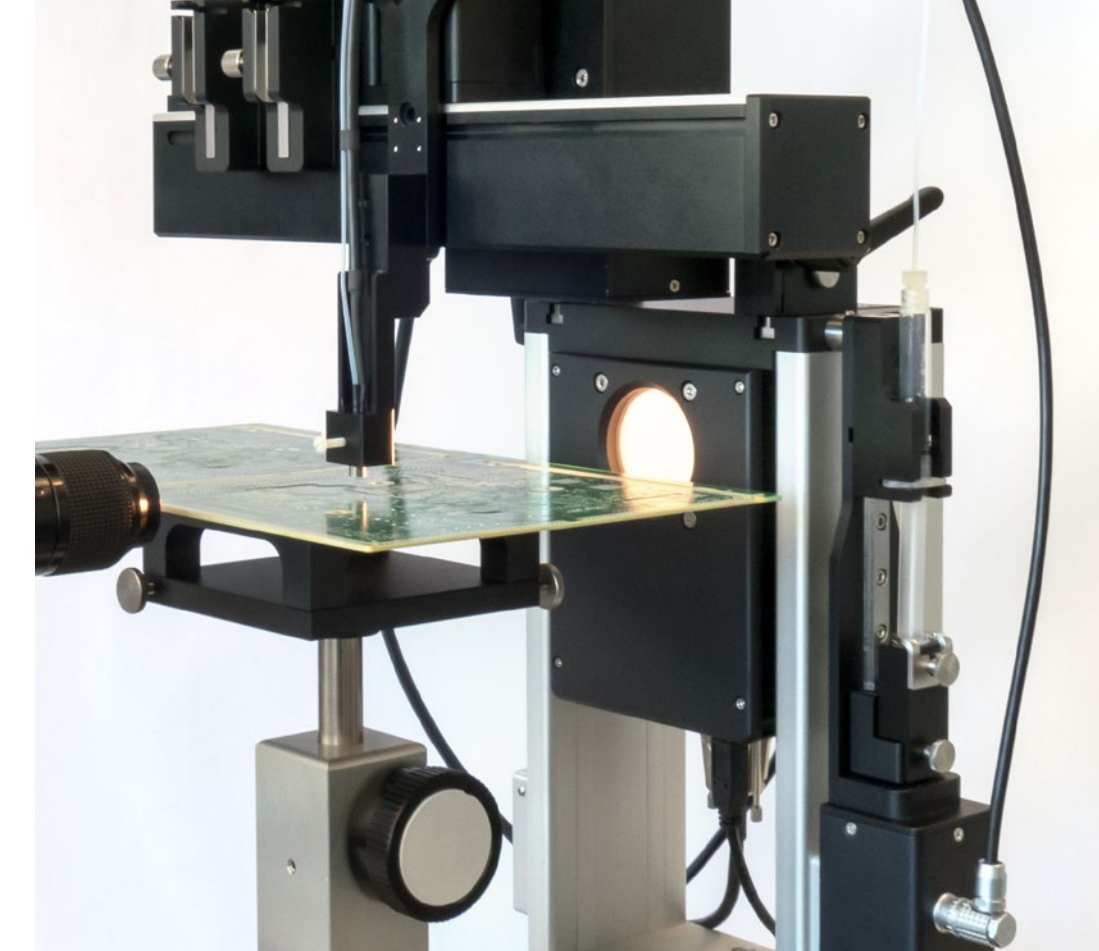
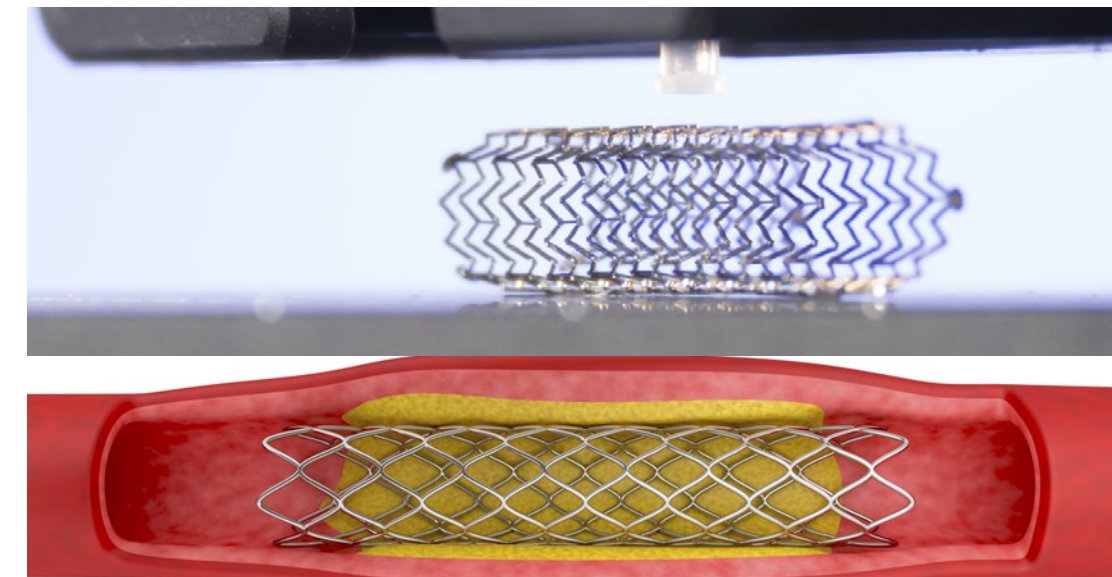
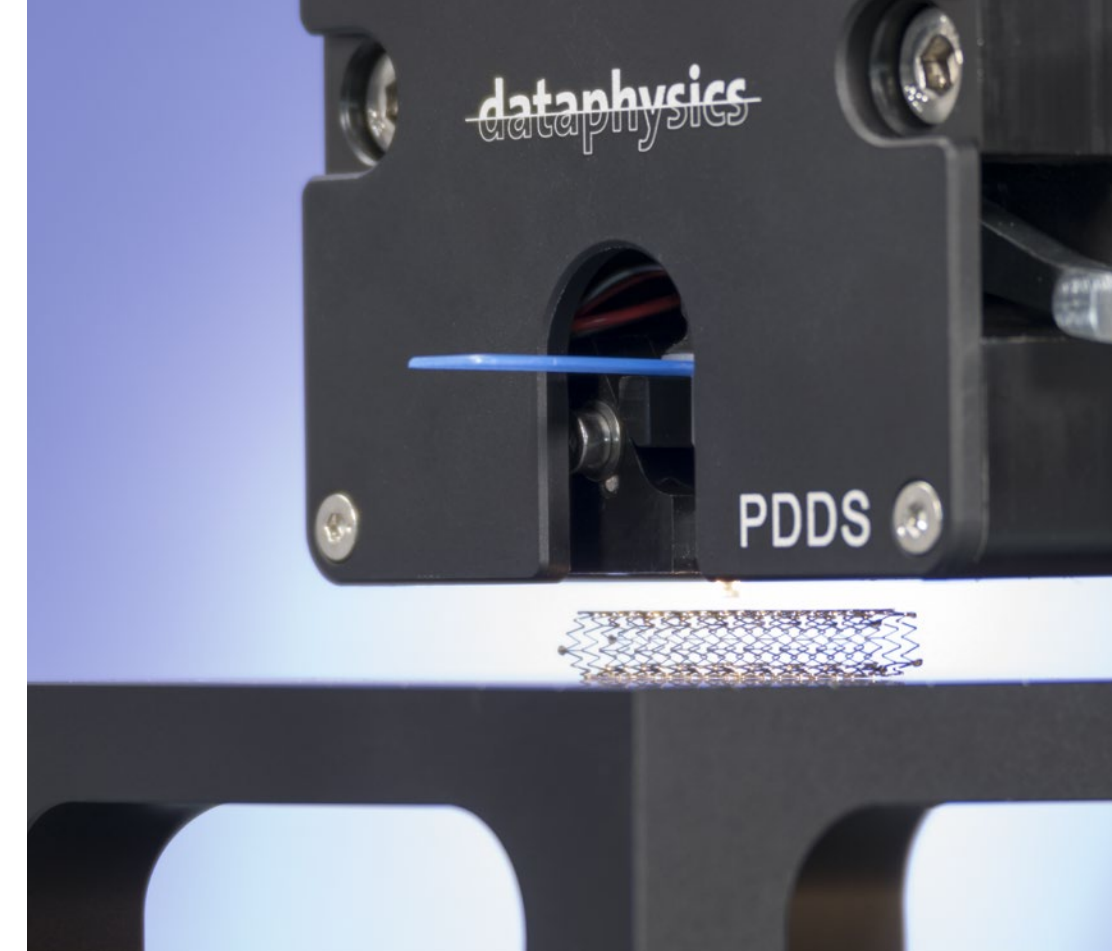
Passende Tröpfchen auch auf kleinsten Strukturen



Die mit **Standard-Dosiersystemen** dosierten **Mikroliter** großen Tropfen haben, je nach Kontaktwinkel, Basisdurchmesser im Millimeterbereich, was in etwa der Größe eines Stecknadelkopfes oder auch einer Reißzwecke entspricht.

Mit dem **Nanoliter-Dosiersystem** von DataPhysics Instruments können mit Volumina von bis zu **10 Nanolitern** hundertmal kleinere Tröpfchen dosiert werden. Diese passen beispielsweise in die Gewindegänge eines Zahnimplantats, dessen Oberfläche so untersucht werden kann.

Noch kleiner sind die Testflächen auf den Metallstreben von Koronar-Stents, deren Oberflächeneigenschaften optimiert werden müssen, um z.B. einen Gefäßverschluss durch Gewebeneubildung zu verhindern. Hier wird das **Pikoliter-Dosiersystem** von DataPhysics Instruments eingesetzt, das bis zu **30 Pikoliter** kleine Tropfen erzeugt.

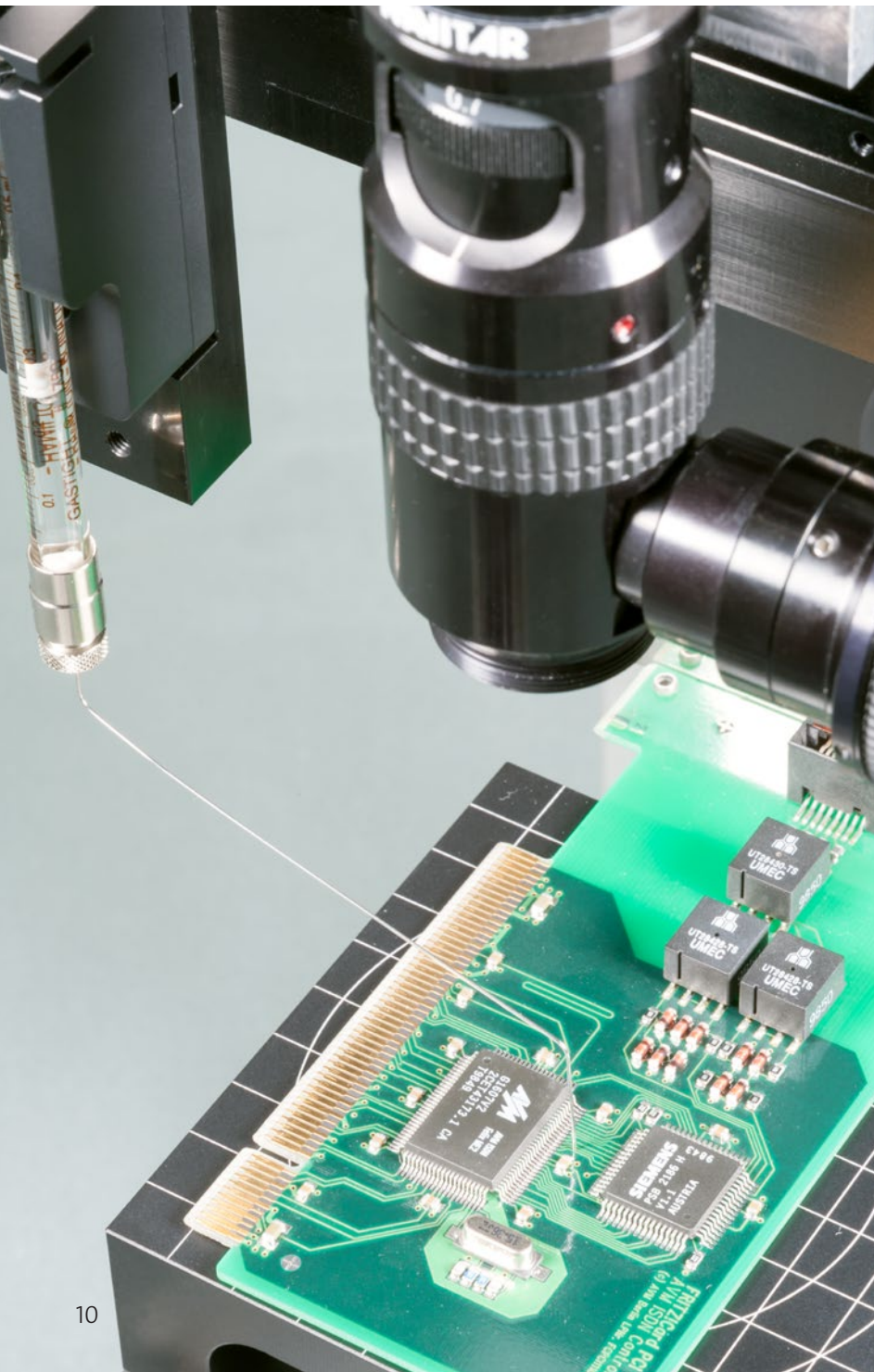


Dosiersysteme mit dem gewissen Extra

Die **Standard-Spritzenmodule** von DataPhysics Instruments können mit einem Nanoliter-Dosierventil schnell und unkompliziert **zum Nanoliter-Dosiersystem aufgerüstet** werden. Kontaktwinkelmessungen auf mikrostrukturierten Proben sind so bereits mit kleinem Aufwand möglich.

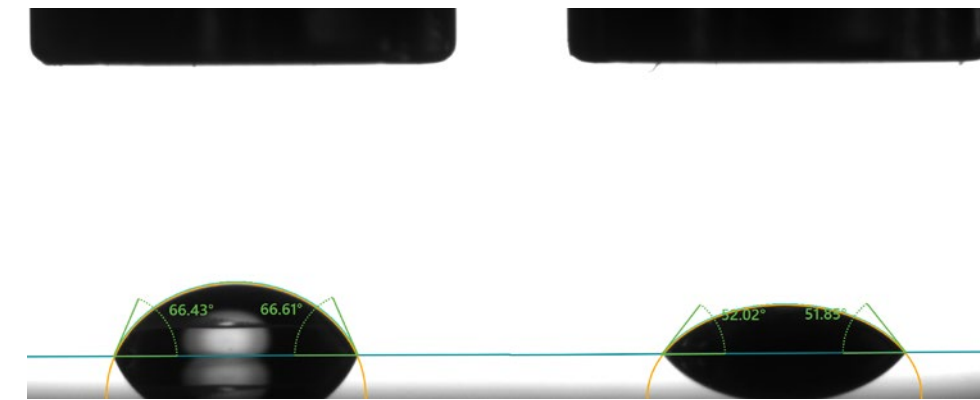
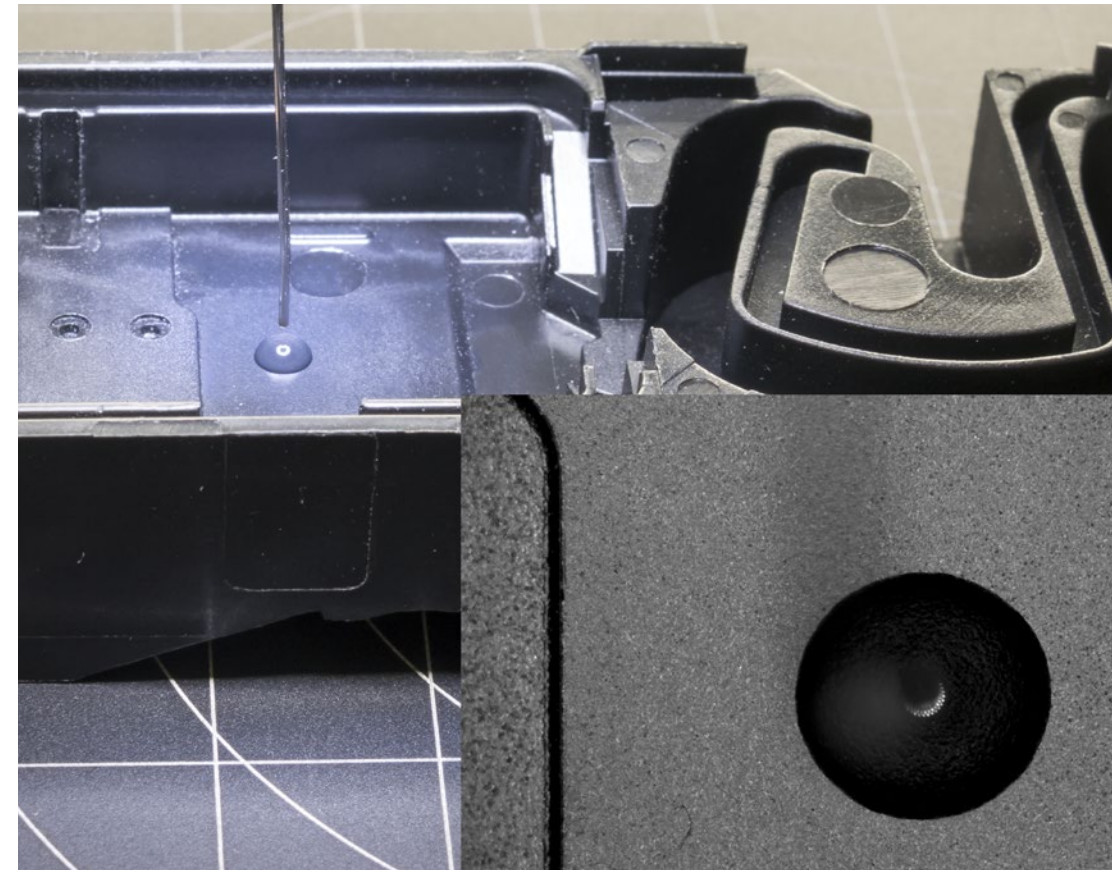
Ein entscheidender Vorteil des **Pikoliter-Dosiersystems** ist die Verwendung von **Einweg-Kartuschen**. Zeitaufwändige **Reinigungsprozeduren entfallen** damit und **Kreuzkontamination** ist in jedem Fall **ausgeschlossen**. Dies vereinfacht die Arbeit auch mit anspruchsvollen Flüssigkeiten wie Tinten oder Tensidlösungen.

Kontaktwinkelmessung an schwer zugänglichen Stellen



Das **Topview Video System TVS** eröffnet einen gänzlich neuen Zugang zur Kontaktwinkelmessung. Abgesetzte Tropfen werden aus einer **Aufsichtsperspektive** betrachtet, was Messungen an auf klassische Weise unerreichbaren Stellen ermöglicht. So lassen sich Kontaktwinkelmessungen zum Beispiel in Vertiefungen von fertigen Bauteilen oder auf bestückten Leiterplatten ausschließlich mit dem TVS durchführen. Darüber hinaus können mit dem TVS **Oberflächenhomogenität** und die **Oberflächenisotropie** bestimmt werden.

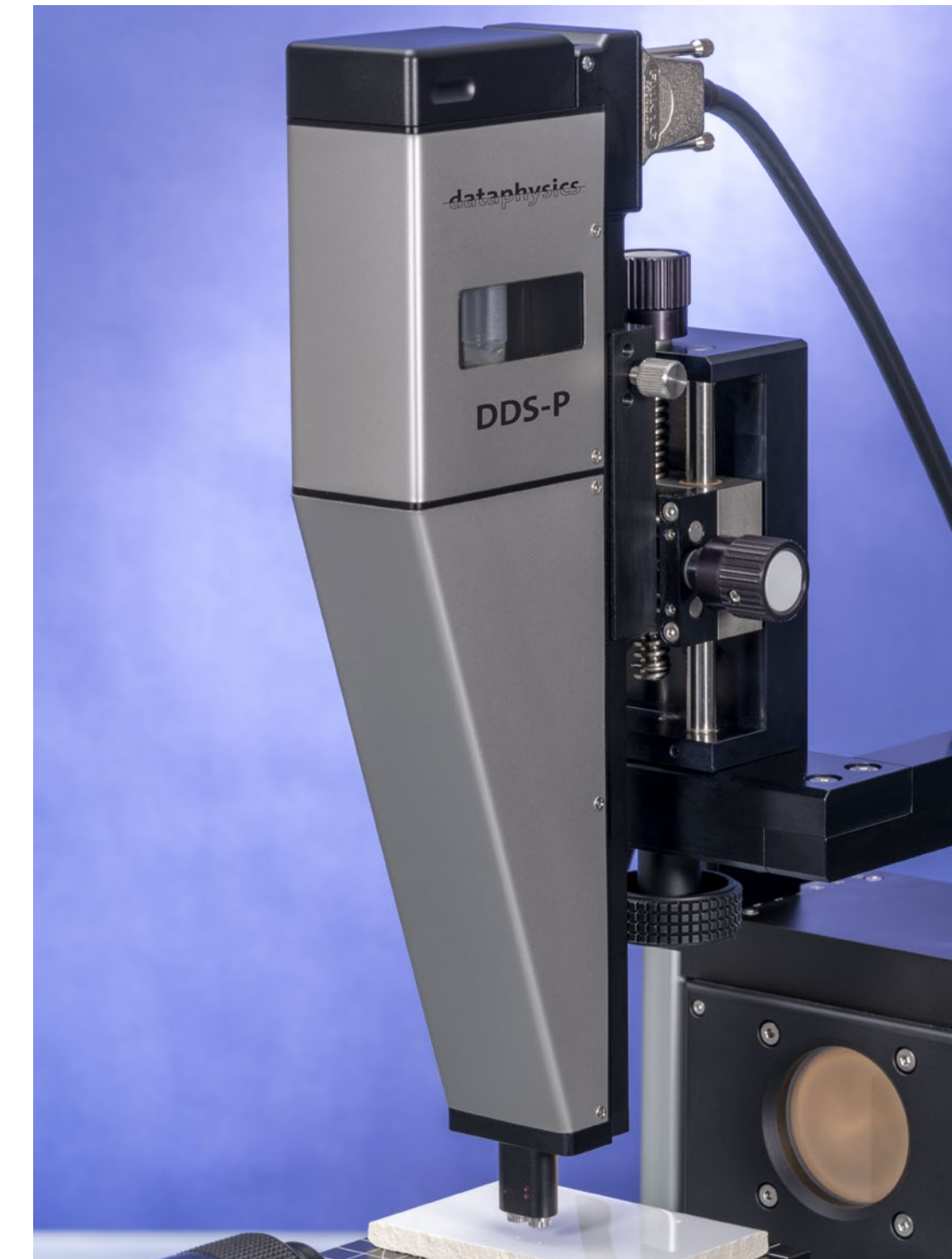
Wenn keine Seitenansicht möglich ist
— einfach von oben messen!



und mit nur **einem Klick** zur **Oberflächenenergie**

Oberflächenenergie bestimmen
mit nur einem Klick

Der einfachste und schnellste Weg zur Oberflächenenergiebestimmung ist die simultane Dosierung mehrerer Testflüssigkeitstropfen und deren parallele Auswertung. Dies gelingt auf Knopfdruck mit dem **druckbasierten Doppeldosiersystem** von DataPhysics Instruments. Das Dosiersystem kann zwei Tropfen parallel dosieren. Die Kontaktwinkel können automatisch über die Software bestimmt und die Oberflächenenergie berechnet werden. **Oberflächenenergiebestimmung** ist dadurch **mit nur einem Klick** möglich.



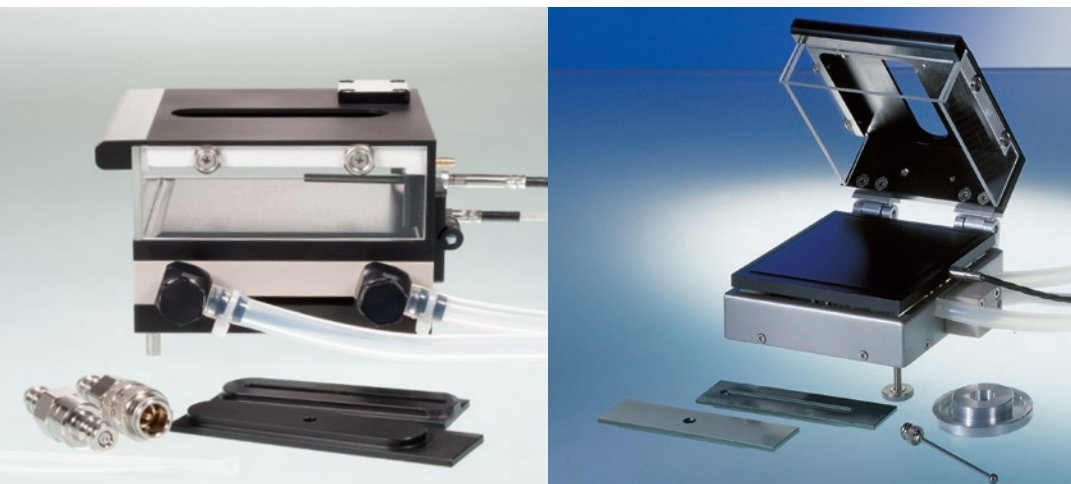
Steuerung der Umgebungsbedingungen

Der modulare Aufbau der Geräte der OCA-Serie und eine umfangreiche Zubehörpalette ermöglichen eine optische Kontaktwinkelmessung und Tropfenkonturanalyse bei verschiedensten Umgebungsbedingungen. **Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Druck** können eingestellt und genau kontrolliert werden. So lassen sich ganz unterschiedliche Anwendungsszenarien nachstellen und Proben unter realistischen Bedingungen untersuchen.

Mithilfe unterschiedlicher **Umweltkammern** lassen sich Temperaturen von **-30 °C bis 700 °C** realisieren.



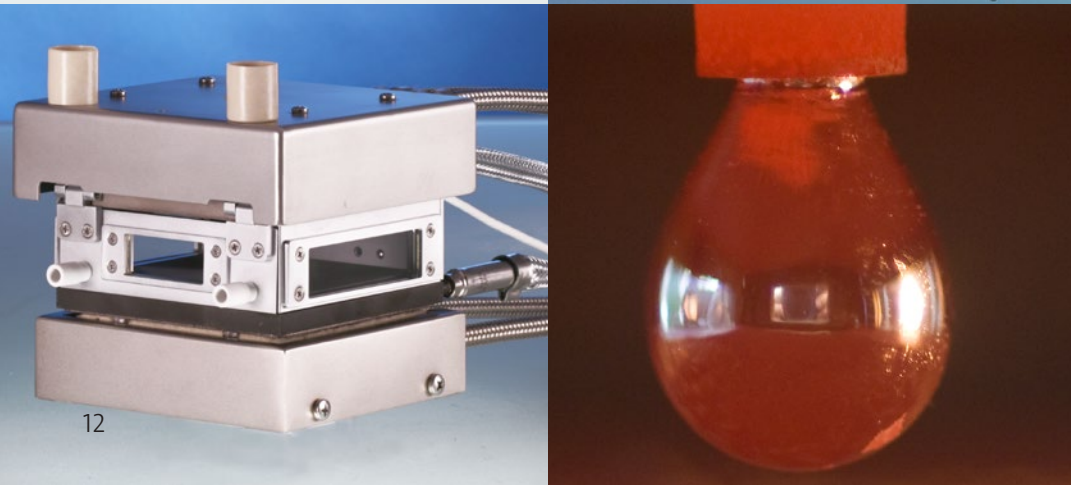
Moos- oder Schimmelbildung auf **Fassaden** ist ein unansehnliches Problem, das insbesondere bei hoher und langanhaltender Oberflächenfeuchtigkeit auftritt. Um zu untersuchen, welche Oberflächenbeschaffenheit eine möglichst rasche Trocknung begünstigt, kann die hohe Luftfeuchtigkeit bei der Entstehung von Morgentau mit einem **Feuchtgenerator** der **HGC-Serie** simuliert werden.



Durch Eisbildung verändern sich die für einen stabilen Flug optimierten aerodynamischen Eigenschaften von **Flugzeug-Tragflächen**. Um auch bei eisigen Temperaturen höchste Sicherheit im Flugverkehr zu gewährleisten, werden **Enteisungsmittel** eingesetzt. Deren Benetzungseigenschaften können mithilfe geeigneter Umweltkammern von DataPhysics Instruments bei Temperaturen von bis zu -30 °C untersucht werden.

Ob Eis oder heiß — Messen bei jeder Temperatur

Sollen die Eigenschaften von Metallen, Kunststoffen oder Heißklebern im flüssigen Zustand untersucht werden, bietet sich der Einsatz der **Kanülenheizeinrichtung** an. Mit ihr können **Festkörperschmelzen** bei bis zu **700 °C** dosiert werden. So lässt sich beispielsweise die Oberflächenspannung von geschmolzenem Aluminium ermitteln.



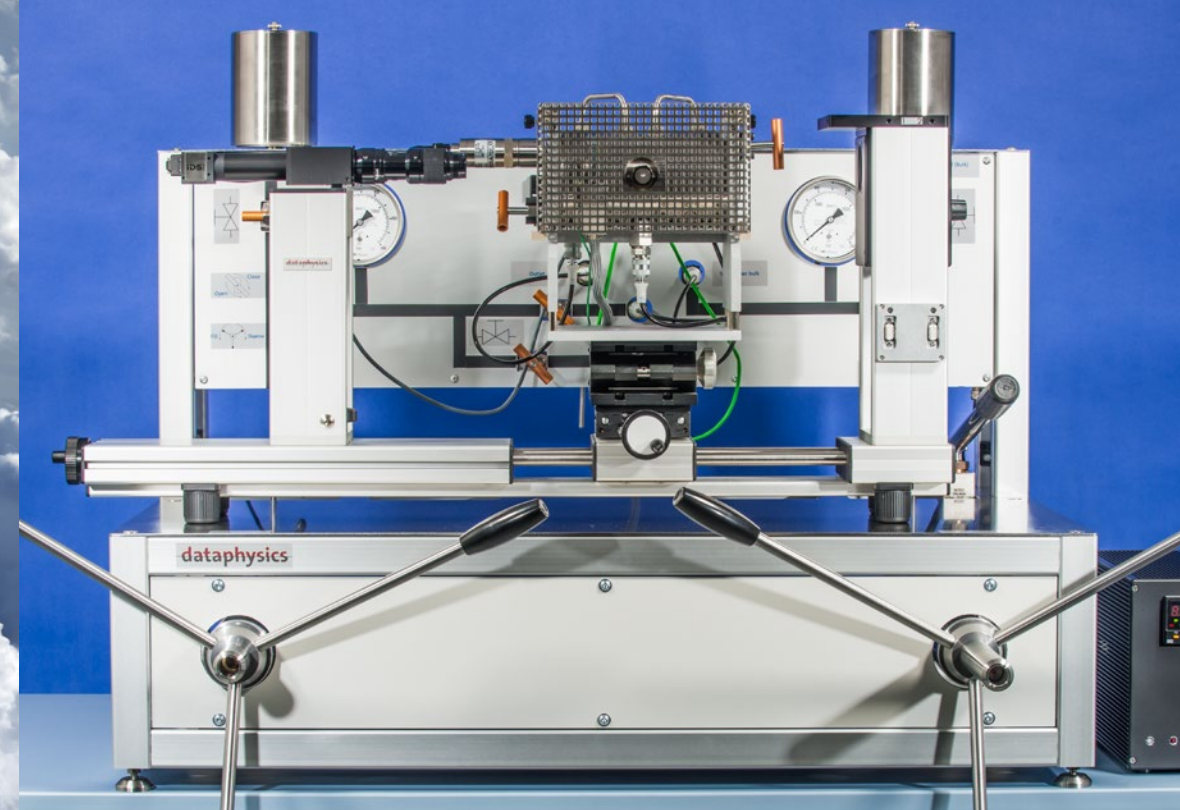
Von der Sahara bis zum Tropenwald — Luftfeuchtigkeiten aus jeder Klimazone

In den Umweltkammern von DataPhysics Instruments, aber auch in Messkammern anderer Anbieter, ermöglichen die **Feuchtgeneratoren der HGC-Serie** eine einfache und zuverlässige Regelung der **relativen Luftfeuchtigkeit** im Bereich von **5 % bis 90 %**. Das System ist dank Touchscreen auch ohne zusätzliche Software bedienbar und somit sofort einsatzbereit. In die Software der DataPhysics Instruments-Messgeräte ist eine Feuchtigkeitskontrolle durch die HGC-Feuchtgeneratoren selbstverständlich integriert.

Hochtemperatur und Vakuum

Die **Spezialvarianten** der OCA-Messgeräte werden auch höchsten Kundenanforderungen und besonders herausfordernden Messumgebungen gerecht.

Im **Hochtemperaturofen** von DataPhysics Instruments sind Kontaktwinkelmessungen bei bis zu **1800 °C** und unter Vakuum bis **10⁻⁵ mbar** oder unter Schutzgasatmosphäre möglich.



...oder Hochdruck

In der **Hochdruckkammer** von DataPhysics Instruments können Grenzflächenspannung und Kontaktwinkel bei Drücken bis zu **750 bar** und unter Hochtemperaturbedingungen von bis zu **200 °C** gemessen werden.

Mit Hochdruck
zum richtigen Messergebnis



Hoch hinaus mit Speziallösungen von DataPhysics Instruments

Materialien in der **Luft- und Raumfahrttechnik** sind extremen Belastungen ausgesetzt. So muss beispielsweise der Hitzeschild eines Raumfahrzeugs beim Wiedereintritt in die Erdatmosphäre bis zu mehreren tausend Grad Celsius standhalten. Hier werden z.B. **keramische Faserverbundwerkstoffe** eingesetzt, deren Oberflächeneigenschaften in einem Hochtemperaturofen unter extremen Umgebungsbedingungen untersucht und dahingehend optimiert werden können.

Aufgrund der Verknappung fossiler Rohstoffe wird **Erdöl** bei steigenden Ölpreisen zunehmend auch durch aufwändige **Tertiäre Förderverfahren** z.B. aus Ölschiefer gewonnen. Eine Methode dabei ist das „Auswaschen“ des Öls durch Tensidlösungen, die unter hohem Druck in die Erdölagerstätten gepumpt werden. Um die Grenzflächenspannung zwischen Tensidlösung und Rohöl oder den Kontaktwinkel zwischen Gestein, Öl und Tensidlösung unter **Reservoir-Bedingungen** zu untersuchen, ist die OCA-Spezialvariante mit Hochdruckkammer die ideale Lösung.



Portable Kontaktwinkelmessung

Durch laufende Produktionskontrolle lassen sich teure Folgekosten, wie Rückrufaktionen, vermeiden. Viele Produkte sind jedoch zu groß oder zu schwer, um sie ins Labor zu transportieren und sie mit für den Laborgebrauch konzipierten Systemen, wie solchen der OCA-Serie, zu untersuchen. Als Lösung für diese Fälle hat DataPhysics Instruments das **portable Kontaktwinkelmessgerät PCA** im Angebot, welches problemlos zu beliebigen Einsatzorten gebracht werden kann.

Das PCA wird einfach auf die Probe aufgesetzt. So ermöglicht es eine zerstörungsfreie Materialprüfung selbst auf größten Oberflächen, wie ganzen Windschutzscheiben, Karosserieteilen, großflächigen Wafern oder Verbundwerkstoffen. Beispielsweise die Qualität einer Beschichtung oder der Erfolg eines Reinigungsschritts können also direkt vor Ort beurteilt werden, indem mit dem PCA Kontaktwinkel gemessen und Oberflächenenergien bestimmt werden.

Kontaktwinkel messen direkt vor Ort
— selbst auf größten Oberflächen

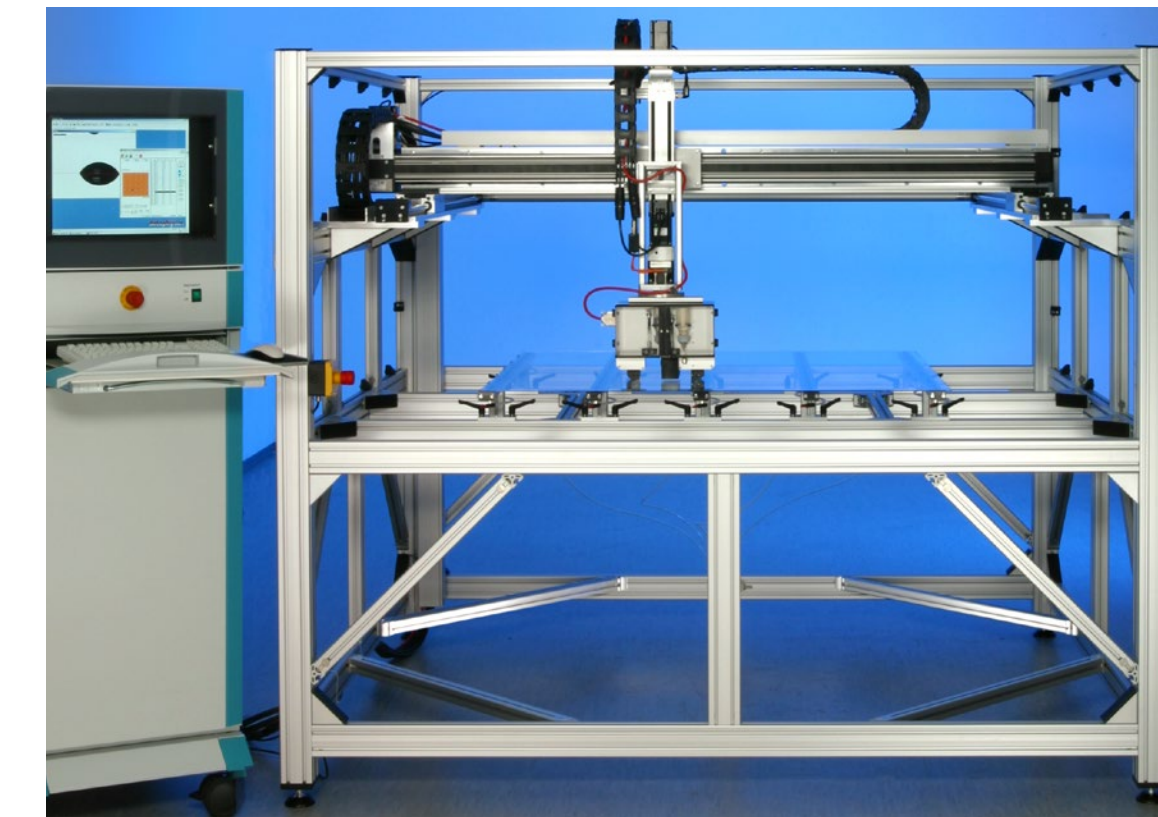


und robotergeführte Systeme

Wird das PCA durch **Einzel- oder Mehrachsen-Roboter** geführt, kann eine automatisierte Oberflächenanalyse direkt **in den Produktionsablauf integriert** werden. Dazu werden für jeden Kunden maßgeschneiderte Roboterzellen konzipiert und damit eine perfekte Probenpassung gewährleistet. Für eine reibungslose Probenübergabe zu den vor- und nachgeschalteten Robotersystemen sorgt die individuell angepasste Steuersoftware.

Eine automatische und zuverlässige Kontrolle der Oberflächeneigenschaften direkt in der Produktionslinie ist somit garantiert.

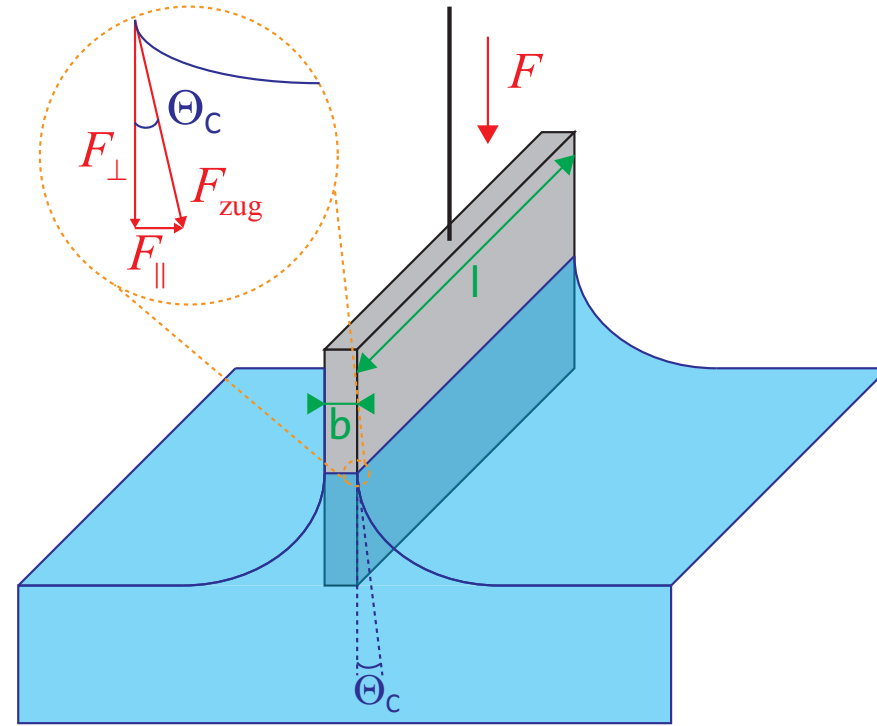
Integrierte Produktionskontrolle



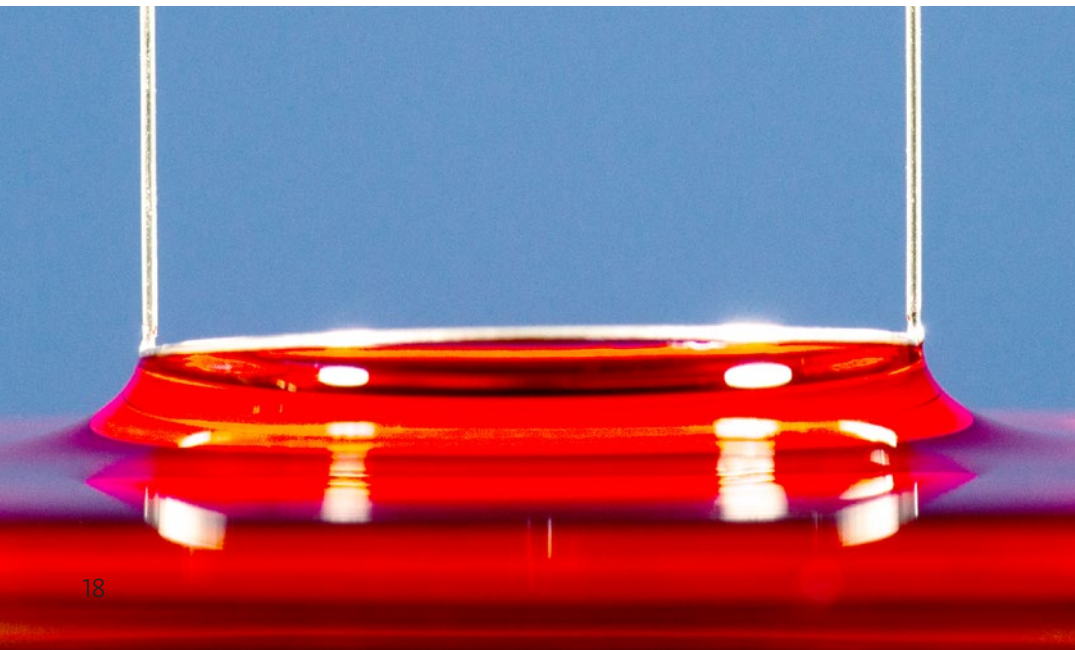
Tensiometrie

Flüssigkeitsoberflächen versuchen sich aufgrund ihrer Oberflächenspannung zusammenzuziehen. Dies kann man spüren – und messen – wenn eine Flüssigkeitsoberfläche im Kontakt mit einem **Probenkörper**, üblicherweise einer **Wilhelmy-Platte** oder einem **Du Noüy-Ring**, vergrößert wird: die anspringende **Flüssigkeitslamelle** übt eine **Zugkraft** auf den Probenkörper aus. Diese Kraft wird im Tensiometer durch eine hochgenaue Wägezelle erfasst. So kann die **Oberflächenspannung** der Flüssigkeit berechnet werden.

Analog ist es möglich, mit dem Tensiometer die **Grenzflächenspannung** zwischen zwei Flüssigkeiten zu bestimmen. Da Tensiometrie auf einer **Kraftmessung** beruht, ist es dabei – anders als bei der optischen Untersuchung hängender Tropfen – nicht nötig, dass eine der Flüssigkeiten transparent ist oder sich die Flüssigkeiten deutlich im Brechungsindex unterscheiden. Tensiometrie ist somit in vielen Fällen eine nützliche Alternative zur optischen Messung von Ober- und Grenzflächenspannungen.



Oberflächenkräfte messen

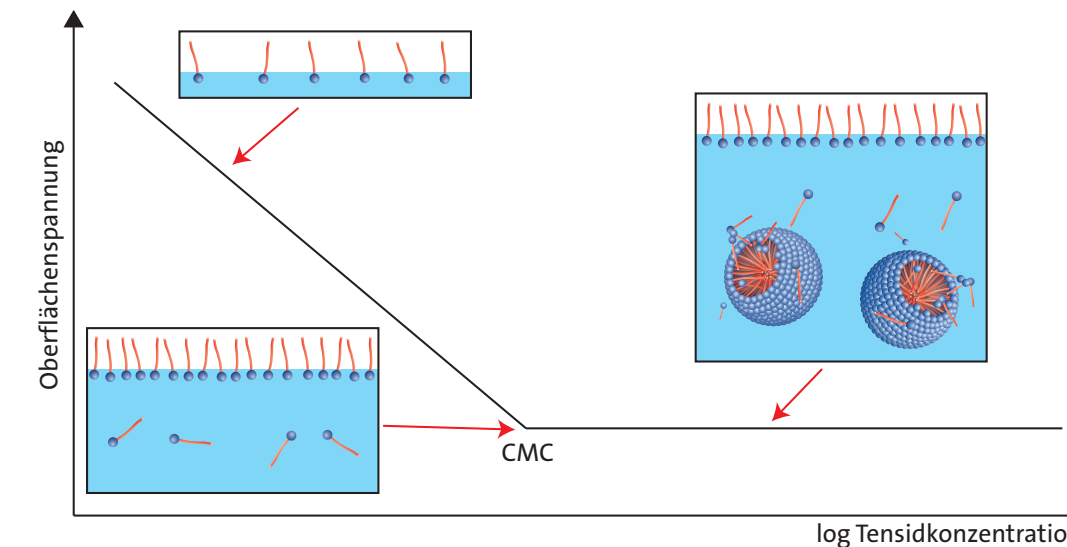
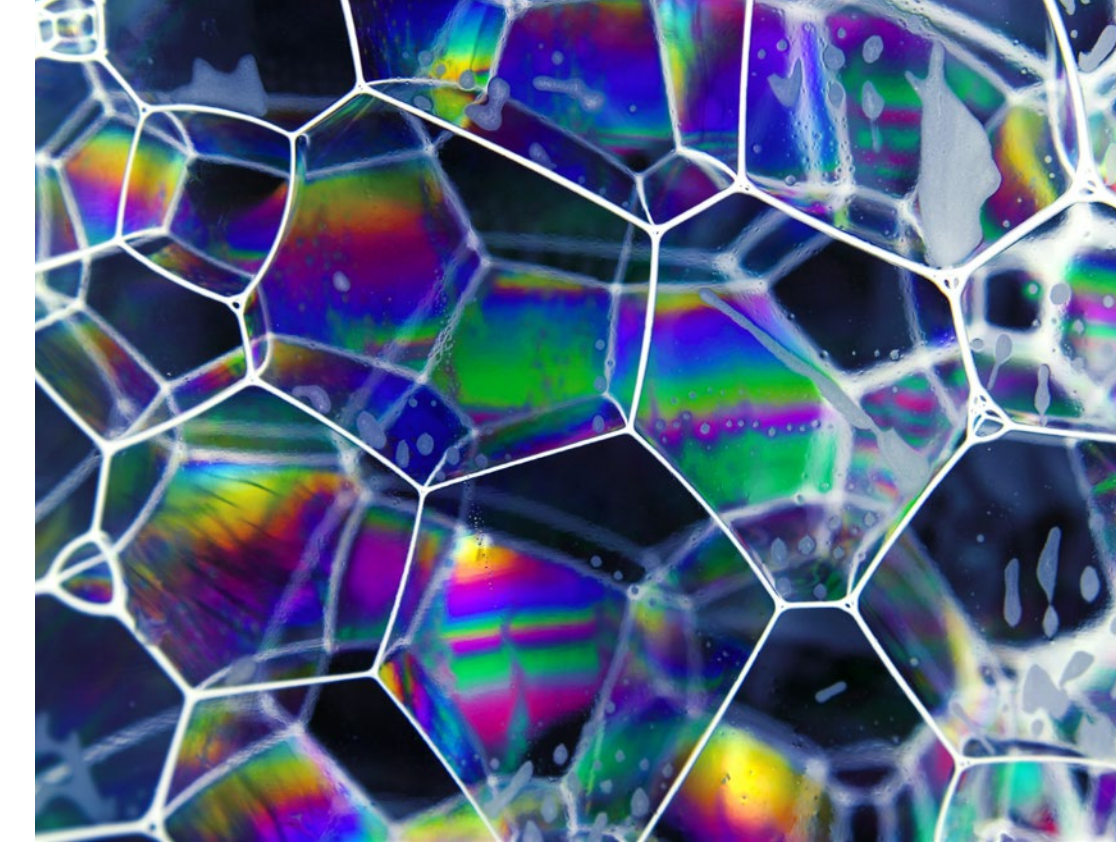


Eine gängige Methode zur Bestimmung von Ober- und Grenzflächenspannungen mit einem Tensiometer ist die **Wilhelmy-Platten-Methode**. Hier wird als Probenkörper eine Wilhelmy-Platte, die in der Regel wenige Zentimeter lang und hoch und aus Platin-Iridium gefertigt ist, verwendet. Diese wird an der Waage des Tensiometers befestigt und an der Flüssigkeitsoberfläche positioniert, sodass eine Flüssigkeitslamelle anspringt. Gemessen wird dann die Gewichtskraft der Lamelle, die gerade dem senkrechten Anteil der durch die Oberflächenspannung hervorgerufenen Zugspannung entspricht. Mit der Definition der Oberflächenspannung als Zugkraft pro Länge der Kontaktlinie ergibt sich:

$$\sigma = \frac{F_{\text{zug}}}{L} = \frac{F_{\perp}}{L \cdot \cos \Theta_C} = \frac{F_G}{L \cdot \cos \Theta_C} \quad \text{Wilhelmy-Gleichung}$$

Grenzflächenaktive Substanzen, wie **Tenside**, sind aus einem hydrophilen und einem hydrophoben Teil aufgebaut, weshalb sie sich bevorzugt an Ober- und Grenzflächen anlagern. Dabei setzen sie die Ober- bzw. Grenzflächenspannung herab, was essentiell ist für eine gute Waschwirkung oder auch für die Stabilität von Schäumen.

Die Anzahl der Tensidmoleküle, die an einer Oberfläche Platz finden, ist begrenzt. „Überschüssige“ Tensidmoleküle können ihre hydrophoben Molekülteile nur vom Wasser abschirmen, indem sie sich zu **Mizellen** zusammen lagern. Die charakteristische Tensidkonzentration, bei der dieser Überschuss erreicht ist, wird als **Kritische Mizellbildungskonzentration (CMC)** bezeichnet. Sie kann anhand einer Messreihe mit variierender Tensidkonzentration leicht ermittelt werden: Unterhalb der CMC nimmt die Oberflächenspannung mit zunehmender Konzentration ab, da sich mehr und mehr Tensid an der Oberfläche anlagert. Oberhalb der CMC hingegen bilden sich Mizellen und die Oberflächenspannung bleibt konstant.

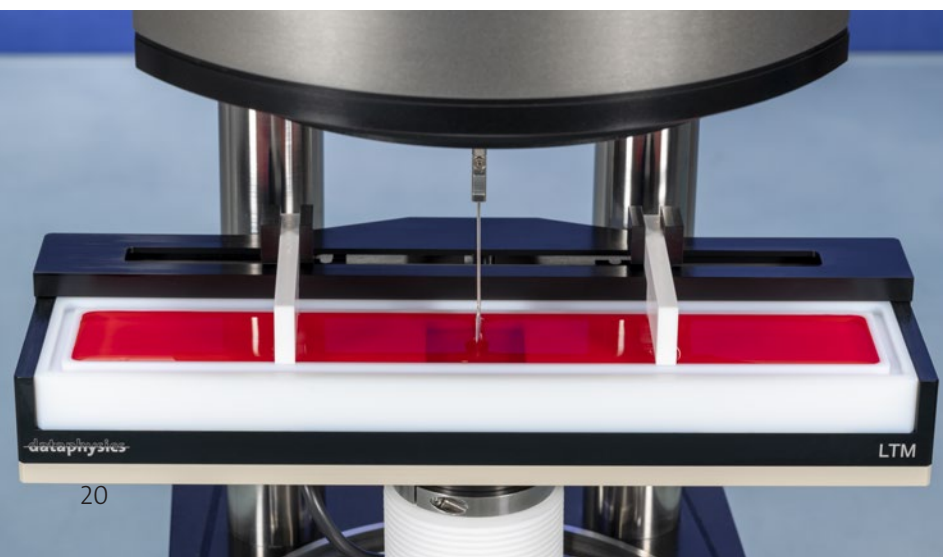


Mithilfe der Tensiometrie ist es auch möglich, Benetzungsphänomene zu untersuchen und **dynamische Kontaktwinkel** an einer als Probenkörper eingesetzten Festkörperprobe zu messen. Dazu wird die Probe in eine Testflüssigkeit mit bekannter Oberflächenspannung eingetaucht und wieder herausgezogen. Die Wägezelle detektiert in diesem Fall neben dem Lamellengewicht auch den Auftrieb des Probenkörpers. Letzterer wird in der Auswertung eliminiert, sodass anschließend anhand der Wilhelmy-Gleichung für den Eintauchvorgang der **Fortschreitewinkel** und für den Vorgang des Herausziehens der **Rückzugswinkel** bestimmt werden kann. Der Fortschreitewinkel an **Pulvern und Faserbündeln** lässt sich darüber hinaus mit der **Washburn-Methode** ermitteln.

DCAT Dynamic Contact Angle measuring device and Tensiometer

Die dynamischen Kontaktwinkelmessgeräte und Tensiometer der **DCAT-Serie** sind universelle Messgeräte für die kraftbasierte Bestimmung von Ober- und Grenzflächenspannungen, Fortschreite- und Rückzugswinkeln, aber auch Festkörper- und Flüssigkeitsdichten, Sedimentation und Penetration, Adhäsion und Oberflächendruck. Für die unterschiedlichen Messmethoden stehen ein breites Sortiment an **Messkörpern und Probenhalterungen** sowie spezifische **Erweiterungsmodule** zur Verfügung. Höchste Präzision und Reproduzierbarkeit der Messergebnisse sind durch bewährte Messtechnik und modernste Waagentechnologie garantiert.

Mithilfe des **Langmuir-Trog**-Moduls können **Monolagen**, z.B. von Phospholipiden, an der Oberfläche flüssiger Subphasen bei variierender Flächengröße untersucht werden. Dabei wird anhand einer Oberflächenspannungsmessung der **Oberflächendruck** bestimmt. So lässt sich beispielsweise das Verhalten von Biomembranen wie Zellwänden und Lungenbläschen nachahmen.



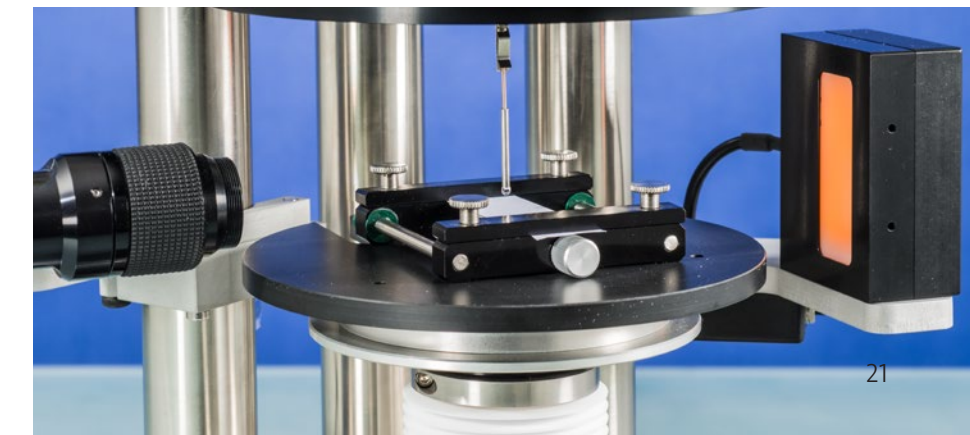
DataPhysics Instruments hat eine breite Auswahl an **Standard-Testkörpern** (Wilhelmy-Platten, Du Noüy-Ringe), **Spezialmesskörpern** sowie **Probenhalterungen** für Platten, Folien, Fasern, Pulver oder auch magnetische und gewebeartige Materialien im Angebot. Damit gibt es für jede noch so anspruchsvolle Messung das passende Zubehör.

Zur Visualisierung von Messabläufen können DCAT-Systeme mit einem **Video-Modul** aufgerüstet werden. Dies eignet sich besonders für **Adhäsions-Untersuchungen**, bei denen das Videobild direkt mit der gemessenen Kraft korreliert sowie bezüglich Kontaktwinkel etc. ausgewertet werden kann.



Zubehör für jede Aufgabe

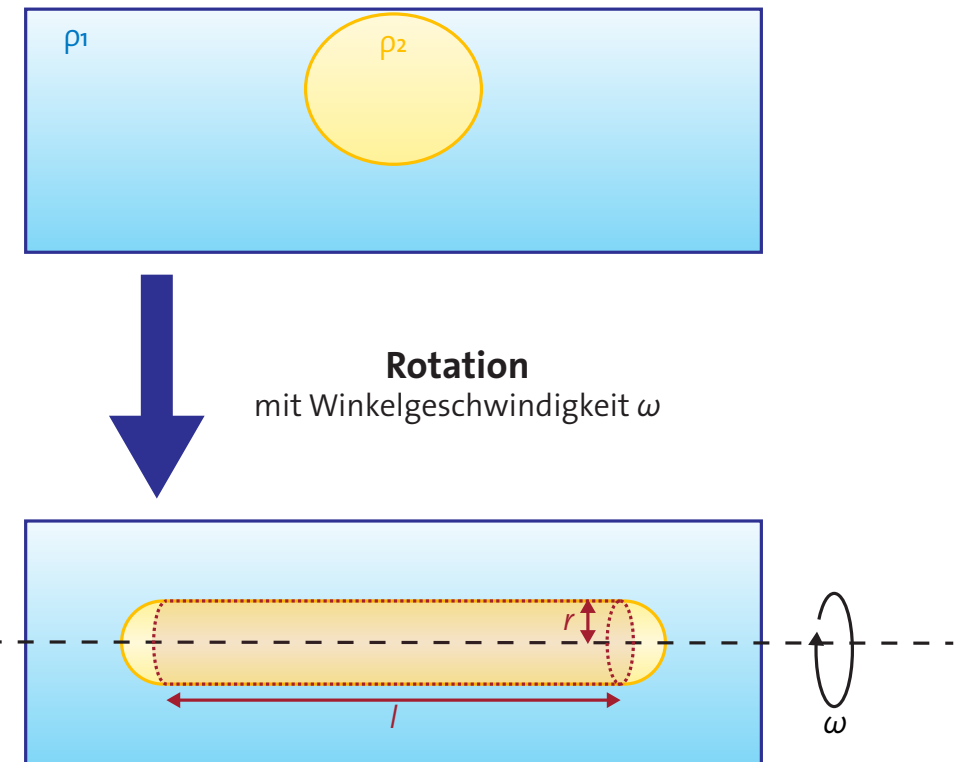
Um **Konzentrationsreihen** z.B. von Tensidlösungen automatisiert herzustellen, kann ein **elektrisches Dosier- und Refill-System** verwendet werden. Dieses wird den gewählten Vorgaben entsprechend durch Software angesteuert, sodass ohne manuelles Eingreifen des Benutzers in einem Versuchsablauf die Kritische Mizellbildungskonzentration (**CMC**) bestimmt werden kann.



Spinning-Drop-Tensiometrie

Sollen sehr niedrige Grenzflächenspannungen gemessen werden, ist die Spinning-Drop-Tensiometrie die Messtechnik der Wahl. Die Methode beruht auf der **optischen Konturauswertung eines Tropfens**. Dieser muss allerdings nicht der Gravitation ausgesetzt an einer Dosierneedle hängen, sondern befindet sich in einer **rotierenden Kapillare**.

In der Kapillare zieht die Zentrifugalkraft die den Tropfen umgebende dichtere Flüssigkeit nach außen, während die weniger dichte Tropfenflüssigkeit zur Rotationsachse hin gedrängt wird. So ergibt sich eine **zylindrische Deformation** und damit eine Grenzflächenvergrößerung des Tropfens. Dem wirkt die **Grenzflächenspannung** entgegen, welche sich daher aus der Tropfenform im Gleichgewichtszustand ermitteln lässt.



Den Dreh raus haben bei der Grenzflächenspannungsmessung

Eine bewährte und einfache Auswertemethode für stark elongierte Tropfen ist die Grenzflächenspannungsberechnung nach Vonnegut.

$$\sigma = \frac{\Delta\rho R^3 \omega^2}{4} \quad \text{Vonnegut-Gleichung}$$

Die Form, die der Tropfen bei Rotation mit der Winkelgeschwindigkeit ω annimmt, wird dabei näherungsweise durch einen Zylinder beschrieben. Dieser besitzt eine Rotationsenergie, welche mit abnehmendem Radius immer kleiner wird, was die mit der Elongation einhergehende Vergrößerung der Grenzfläche, sprich die Zunahme der Grenzflächenenergie kompensiert. Im Gleichgewichtszustand ist ein Energieminimum erreicht.

„Ultraniedrige“ Grenzflächenspannungen treten insbesondere bei **Mikroemulsionen** auf, welche aufgrund dieser Eigenschaft unter anderem bei der **Tertiären Erdölförderung** eingesetzt werden. Unter geeigneten Bedingungen bilden sich Mikroemulsionen spontan aus Wasser, Tensiden und Öl, das somit als Teil des thermodynamisch stabilen Mikroemulsionsgemischs aus den Lagerstätten gepumpt werden kann. Essentiell für die Erforschung geeigneter Tenside und Gemischzusammensetzungen sind Grenzflächenspannungsmessungen mithilfe der Spinning-Drop-Tensiometrie.



Mit der Spinning-Drop-Tensiometrie ist es auch möglich zu untersuchen, wie eine Grenzfläche reagiert, wenn sie vergrößert oder verkleinert wird (**Grenzflächenrheologie**). Wie schnell können sich beispielsweise Tenside aus der Lösung an die Grenzfläche anlagern und so eine neu gebildete Emulsion stabilisieren? Um dies herauszufinden, wird im Experiment die **Rotationsgeschwindigkeit variiert**, in der Regel oszillierend, was direkt eine Größenänderung der Grenzfläche bewirkt.

SVT Spinning drop Video Tensiometer

Die Spinning Drop Video Tensiometer der **SVT-Serie** sind kompakte optische Instrumente zur Messung niedriger bis ultraniedriger Grenzflächenspannungen und zur Untersuchung grenzflächenrheologischer Eigenschaften. Dabei garantieren leistungsstarke Gerätekomponenten, wie eine **automatische Kamerapositionierung**, ein **Präzisionsantrieb** und **temperierbare Messzellen**, genaue und reproduzierbare Messergebnisse. Ein flexibles Probenhandling und einfache Bedienung sind durch praktische **Schnellwechselkapillaren** und einen intuitiv bedienbaren **Touchscreen** sichergestellt.

Präzise Messtechnik,
kompakt verpackt

Zur schnellen Durchführung von Messungen ist die Messzelle mit der rotierende Kapillare auf einem **Kipptisch** montiert, der es ermöglicht, den Tropfen einfach ins Bild zu rücken. Einmal erfasst, wird der Tropfen automatisch von der verfahrbaren Kamera verfolgt. Ein hochdynamischer Messantrieb sorgt für **gleichförmige Rotation** auch bei höchsten Drehgeschwindigkeiten. Außerdem ermöglicht er sinusförmige Drehzahländerungen für **Oszillationsmessungen** sowie kurzfristige **Drehgeschwindigkeitssprünge**.

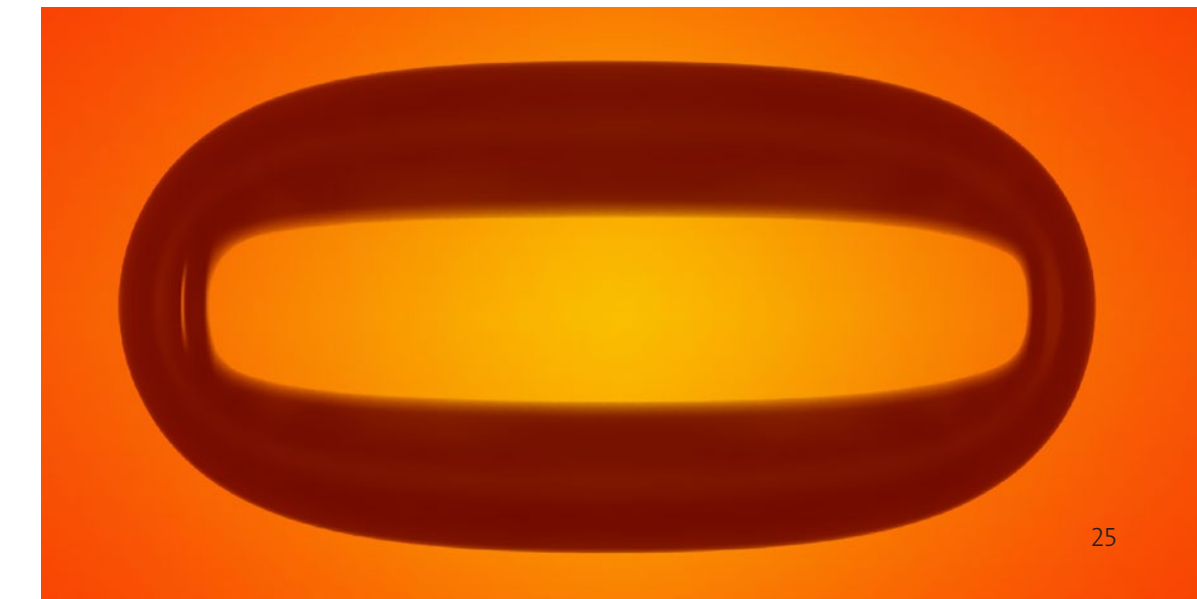


Dank **Schnellwechselkapillaren** mit perfekter Passgenauigkeit lassen sich Proben bequem binnen Sekunden ins SVT einbringen. So werden höchste Durchsatzraten erreicht. Um aufwändige Reinigungsprozeduren zu vermeiden, können mithilfe entsprechender Halterungen außerdem **Einweg-Glasröhrchen** für die Messung verwendet werden.



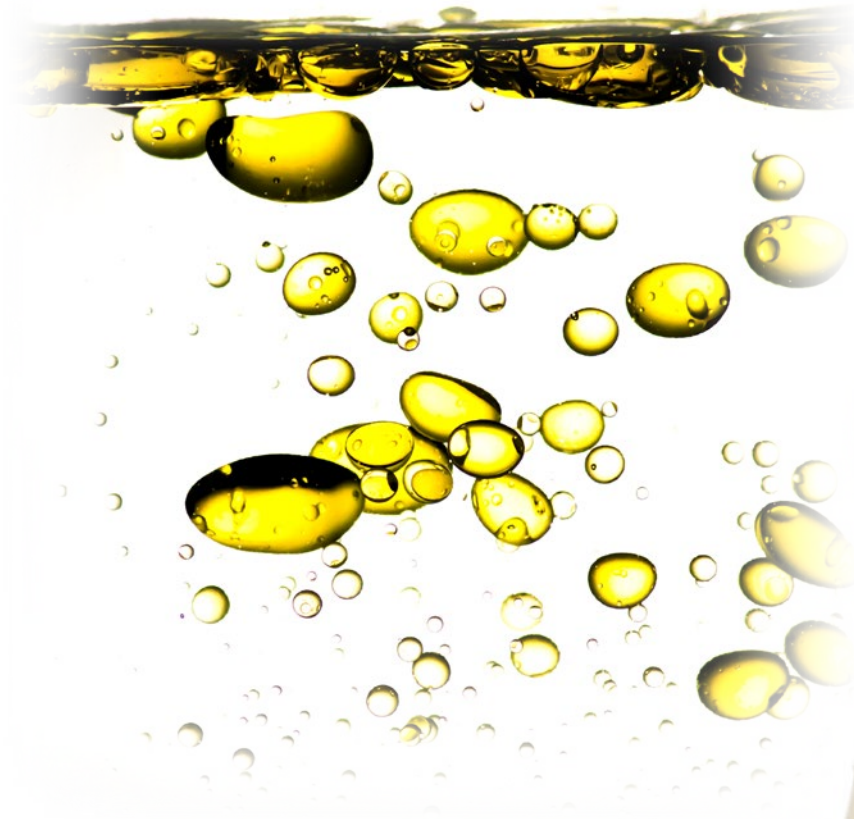
Schnell, einfach, leistungsstark

In den **temperierbaren Messzellen** des SVT werden Temperaturen von **-30 °C bis 180 °C** erreicht, sodass sich verschiedenste Umgebungsbedingungen realisieren lassen. Dank des speziellen Aufbaus der Kapillaren ist es sogar möglich, das Grenzflächenverhalten wässriger Proben bei Temperaturen von über 100 °C zu untersuchen.



Dispersionsstabilitätsanalyse

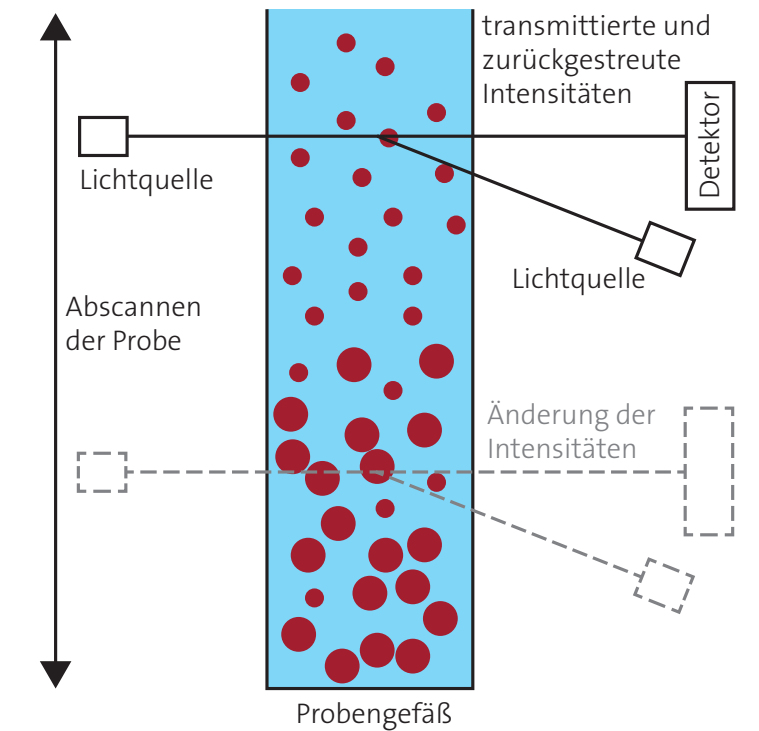
Dispersionen sind mehrphasige Gemische aus nicht ineinander löslichen Stoffen. Dabei bildet eine Phase das Dispersionsmedium, in dem kleine Teilchen der zweiten Phase dispergiert sind. Wenn in einem flüssigen Dispersionsmedium Feststoffteilchen dispergiert sind, spricht man von einer **Suspension**. Sind die dispergierten Teilchen kleine Tröpfchen einer zweiten Flüssigkeit handelt es sich um eine **Emulsion**. Im **Schaum** schließlich sind im flüssigen Dispersionsmedium Gasbläschen dispergiert. Mit der Zeit beobachtet man in Dispersionen Auftrennungsprozesse: Die dispergierten Teilchen können aufgrund der Gravitation **sedimentieren** oder **aufrahmen**. Andererseits setzt aufgrund der Grenzflächenspannung eine Phasentrennung ein: Die dispergierten Teilchen **lagern sich zusammen** oder **verschmelzen** miteinander und verkleinern so ihre Grenzfläche zum umgebenden Dispersionsmedium.



Stabile Mischung — nur wie lange?

Dispersionen begegnen uns im täglichen Leben in vielerlei Produkten, angefangen bei Salatdressings und Mischgetränken im Lebensmittelbereich, über Emulsionen und Cremes im kosmetischen und pharmazeutischen Bereich bis hin zu mehrphasigen Reinigungsmitteln, Dispersionsfarben sowie Dichtschlammern im Bauwesen, um nur einige wenige Beispiele zu nennen. Für all diese Produkte ist die Dispersionsstabilität ein äußerst wichtiger Parameter, der im Zuge der Produktentwicklung genau analysiert und optimiert werden muss.

Zur **Dispersionsstabilitätsanalyse** wird ein optisches Messverfahren eingesetzt: Mithilfe zweier Lichtquellen und eines Detektors wird das durch eine Dispersionsprobe **transmittierte** und das von ihr **zurückgestreute** Licht analysiert. Die Lichtintensitäten hängen direkt von der Anzahl, der Größe und der Art der dispergierten Teilchen ab. Daher ändert sich die Lichtintensität, wenn sich die Dispersion auftrennt und Teilchen z.B. durch Sedimentation aus dem Lichtweg verschwinden oder sich durch Zusammenlagerung vergrößern. Bei der Stabilitätsanalyse verfolgt man diese Änderungen, indem die Probe über eine bestimmte Versuchsdauer hinweg immer wieder vermessen wird. Dabei wird jeweils die gesamte Probenhöhe abgescannt, sodass auch lokale Veränderungen detektiert werden.



Proben scannen — positions- und zeitaufgelöst

Verschiedene **Biere** unterscheiden sich, wie jeder weiß, in Alkoholgehalt, Herkunft und Geschmack. Der aufmerksame Beobachter erkennt aber durchaus auch unterschiedliches Dispersionsverhalten. So gibt es Biersorten mit kleinerer oder größerer **Schaumkrone**, die kleinere oder größere Gasbläschen enthält und länger oder kürzer stabil bleibt. Auch findet in naturtrüben Bieren mit der Zeit eine Sedimentation der **Schweb- und Trubstoffe** statt. Und wer bei einem berühmten irischen Bier schon einmal genau hingeschaut hat, weiß: hier sedimentieren am Glasrand sogar die Gasbläschen, anstatt wie sonst aufzusteigen. Dies ist der Gasmischung aus Stickstoff und Kohlenstoffdioxid in Kombination mit der einzigartigen Glasform geschuldet.



MS MultiScan

Das **MultiScan MS 20** ist das Messgerät zur automatischen **optischen Stabilitäts- und Alterungsanalyse flüssiger Dispersionen**, insbesondere Suspensionen und Emulsionen, und zur umfassenden Charakterisierung von zeit- und temperaturabhängigen Destabilisationsmechanismen. Es besteht aus einer **Basiseinheit** und **bis zu sechs** daran angeschlossenen **ScanTowern** mit temperierbarer Probenkammer.

Sechs Proben, ein Gerät

Die **ScanTower** des MS 20 können **individuell angesteuert** und bei unterschiedlichen Temperaturen betrieben werden. Eine elektronische Heizung mit Flüssigkeitsgegenkühlung ermöglicht Messungen in einem Temperaturbereich von **4 °C bis 80 °C**.

Als **Probengefäße** werden am MS 20 Schraubdeckelgläser mit einem speziellen Deckeleinsatz verwendet, die sich bequem in die Messkammern der ScanTower einsetzen lassen. Für Transmissionsmessungen mit reduzierter Probenschichtdicke stehen außerdem Gläschen mit kleinerem Durchmesser und entsprechende Adapter zur Verfügung.



Referenzkörper aus speziellen Reflexionsstandard-Materialien werden zur Kalibrierung des Rückstreu-signals eingesetzt und garantieren so korrekte und zuverlässige Messwerte.

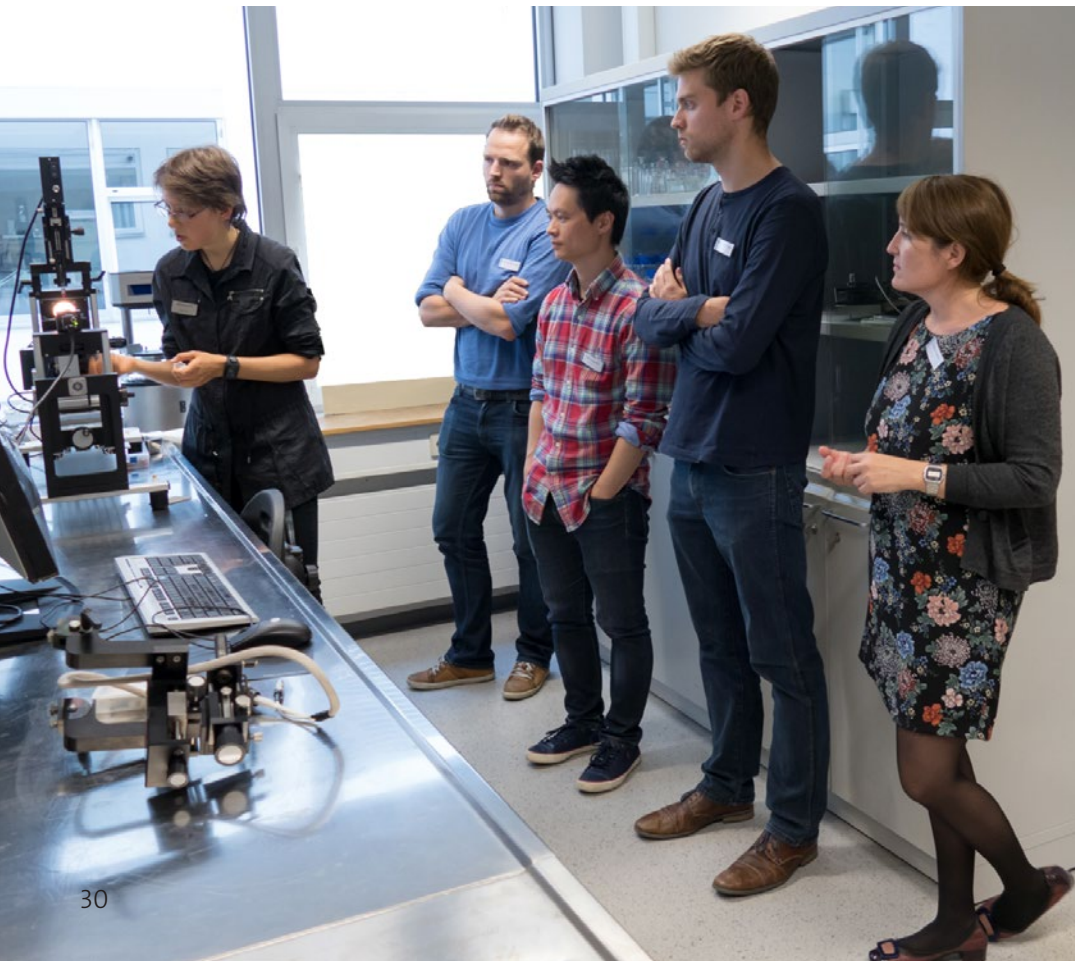
Transmission und Rückstreuung mit jedem Scan

Die **Basiseinheit** des MS 20 besitzt einen integrierten Touchscreen, über den Statusinformationen abgerufen und wichtige Grundfunktionen angesteuert werden können. Außerdem ist ein **Barcode-Scanner** eingebaut, mit dem die untersuchten Proben schnell und eindeutig erfasst werden können.

Applikations- und Schulungszentrum

DataPhysics Instruments betreibt an seinem Firmensitz in Filderstadt bei Stuttgart ein modernes **Schulungszentrum** und ein umfangreich ausgestattetes **Applikationslabor**. Interessenten und Kunden bietet sich hier die Möglichkeit, **Grundlagen und Spezialwissen** zu den unterschiedlichen Messtechniken wie optischer Kontaktwinkelmessung und Tropfenkonturanalyse, Tensiometrie, Spinning-Drop-Tensiometrie und Dispersionsstabilitätsanalyse in **Theorie und Praxis** von erfahrenen DataPhysics Instruments-Spezialisten zu erlernen.

Von Experten lernen – zum Experten werden



Um Hilfe bei der Bearbeitung individueller Problemstellungen zu erhalten, kommen jährlich viele Wissenschaftler mit ihren Proben für einen oder mehrere **Messtage** ins DataPhysics Instruments-Applikationslabor. Hier steht garantiert das richtige Messequipment mit dem passenden Zubehör zur Verfügung. Die benötigten Versuche werden sorgfältig zusammen mit den DataPhysics Instruments-Experten geplant und durchgeführt, wobei der Tagesablauf jederzeit flexibel den Messerfordernissen angepasst wird. Effektive und erfolgreiche Problemlösungen sind auf diese Weise garantiert. Mit sämtlichen Messgeräten werden selbstverständlich auch **Auftragsmessungen** durchgeführt. Diese liefern schnell und unkompliziert Ergebnisse aus Messmethoden, die im eigenen Labor nicht zur Verfügung stehen, oder Werte, die zum Vergleich und zur Verifikation von Daten herangezogen werden können.



Für diejenigen, die ein **exklusives Seminar** bevorzugen – im DataPhysics Instruments-Schulungszentrum oder auch im eigenen Hause – wird zu den gewünschten Inhalten gerne ein maßgeschneidertes Programm zusammengestellt.

Eine individuelle praktische **Geräteschulung** eignet sich darüber hinaus optimal, um die Funktionsweise und Möglichkeiten eines neu erworbenen oder möglicherweise längere Zeit nicht verwendeten Messgeräts direkt an den eigenen Proben und im Kreise der beteiligten Kollegen kennenzulernen.

Im DataPhysics Instruments-Schulungszentrum finden regelmäßig praxisorientierte **Seminare** und **Trainingstage** statt. Erstere vermitteln den Teilnehmern einen kompakten Überblick über die verschiedenen Verfahren und Messtechniken, die zur Grenzflächenanalyse eingesetzt werden, während bei den Trainingstagen eine spezielle Messtechnik vertieft wird. Die Fortbildungsangebote ermöglichen einen schnellen und erfolgreichen Einstieg in die Grenzflächenmesstechnik. Gleichzeitig profitieren erfahrene Anwender von der Möglichkeit, einmal „über den Tellerrand“ zu blicken, Neuentwicklungen und alternative Methoden kennenzulernen und ihre Verfahren mit erfahrenen Experten zu diskutieren.

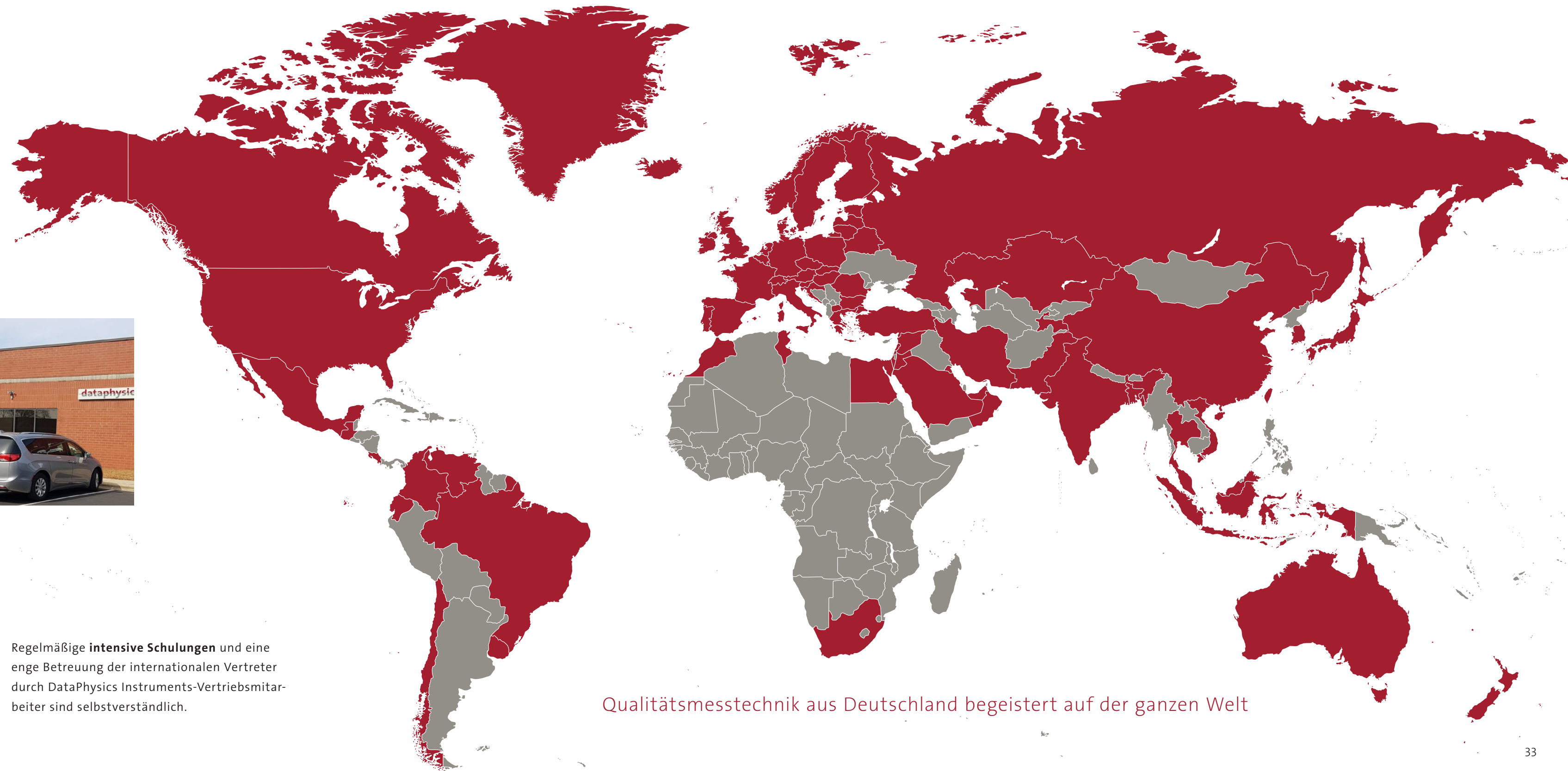


DataPhysics Instruments weltweit

DataPhysics Instruments steht für höchste **Qualität und Kompetenz** in der Grenzflächenmesstechnik „**Made in Germany**“. So sind die in Deutschland im beschaulichen Filderstadt bei Stuttgart entwickelten und gefertigten DataPhysics Instruments-Messsysteme weltweit geschätzt und heute bereits in **über 70 Ländern** der Erde im Einsatz.

Eine schnelle und kompetente Beratung und Unterstützung jedes einzelnen Kunden ist durch ein dichtes **weltweites Vertriebsnetz** garantiert. Damit ist DataPhysics Instruments global aktiv und lokal stets persönlich vertreten.

In den USA gründete DataPhysics Instruments 2018 das Tochterunternehmen **DataPhysics Instruments USA Corp.** mit Sitz in Charlotte, North Carolina. Sehr verkehrsgünstig, nahe des Flughafens gelegen, steht dort ein umfangreich ausgestattetes Applikationslabor für Vorführungen, Schulungen und Messdienstleistungen zur Verfügung. Dies eröffnet Kunden in Nordamerika einen direkten Zugang zur gesamten DataPhysics Instruments-Produktpalette.



Regelmäßige **intensive Schulungen** und eine enge Betreuung der internationalen Vertreter durch DataPhysics Instruments-Vertriebsmitarbeiter sind selbstverständlich.

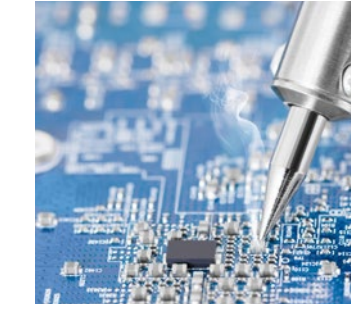
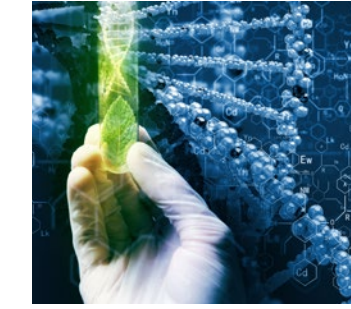
Qualitätsmesstechnik aus Deutschland begeistert auf der ganzen Welt

Das DataPhysics Instruments-Team

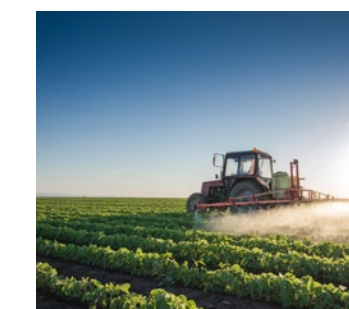
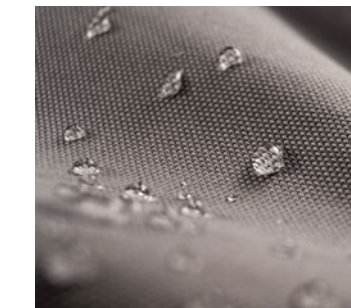
Was 1997 mit einer kleinen Mannschaft von gerade einmal **sieben Visionären** begann, entwickelte sich in 20 Jahren zu einem starken, professionell aufgestellten und beständig wachsenden **Expertenteam für die Grenzflächenmesstechnik**. So arbeiten heute über 30 hoch qualifizierte und engagierte Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter an der Entwicklung, Fertigung und im Vertrieb hochwertiger Messgeräte sowie im persön-

lichen und umfassenden Kundenservice. Dabei bringt jeder seine **individuellen Stärken** und sein **spezifisches Fachwissen** ein und vergrößert den DataPhysics Instruments-Erfahrungsschatz mit jedem bearbeiteten Projekt. Höchste **Motivation, Innovationswille** und **Kreativität** sind immer mit dabei. Damit findet sich auch für die komplexeste Aufgabenstellung niemals die erstbeste, sondern immer die bestmögliche Lösung.

Die Experten für die Grenzflächen-Messtechnik



~~dataphysics~~
Starker Partner in
allen Bereichen



DataPhysics Instruments steht heute bereits über 2 500 zufriedenen Kunden weltweit als kompetenter Partner in der Grenzflächenmesstechnik zur Seite und bringt mit Unternehmen wie Forschungseinrichtungen erfolgreich eine Vielzahl von Kooperationsprojekten voran.

Profitieren auch Sie von der langjährigen Erfahrung und dem Know-how der Messtechnik-Experten und lassen Sie sich bei Ihrer ganz individuellen Aufgabenstellung unterstützen.

Nehmen Sie einfach Kontakt auf!

~~dataphysics~~

Understanding Interfaces



DataPhysics Instruments GmbH
Raiffeisenstraße 34 • 70794 Filderstadt
Tel +49 (0)711 770556-0 • Fax +49 (0)711 770556-99
sales@dataphysics-instruments.com
www.dataphysics-instruments.com