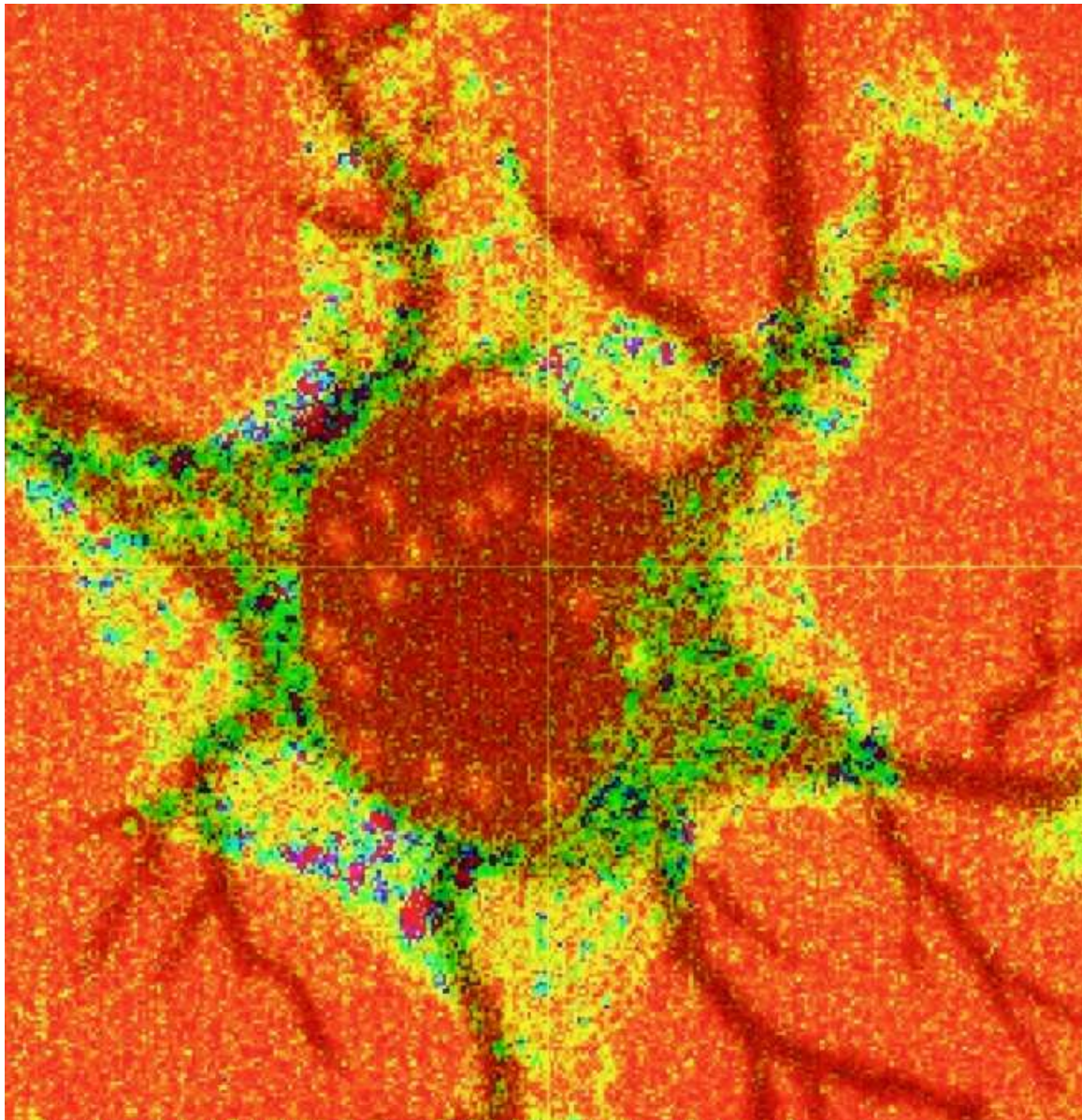


Optoelektronik – Optomechanik Optochemie - Optogenetik

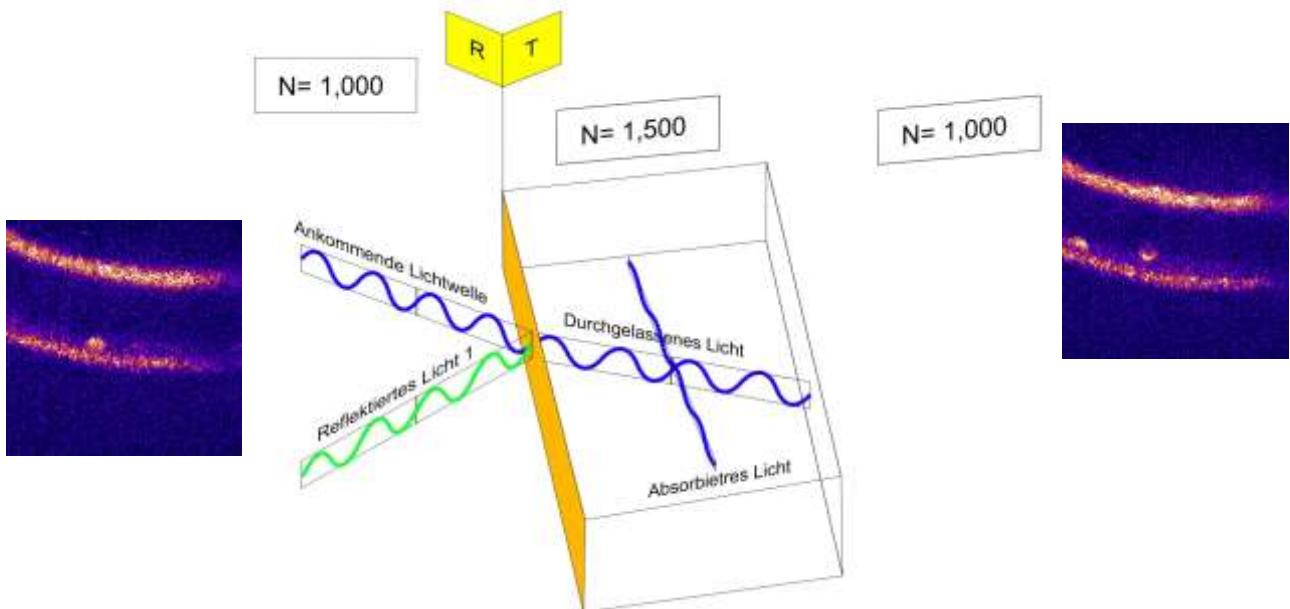


In der Optoelektronik wird Licht mit der Elektronik verbunden, in der Optomechanik stellt Licht die Verbindung zu mechanischen Elementen her (Micromechanics), in der Optochemie dient Licht der Herstellung von Zellstoffen oder von Energie und in der Optogenetic verbindet Licht über Gene lebenden Zellen. In allen Bereichen sind die Auswirkungen des Lichts von vitaler Bedeutung. Mit Licht wird die Photosynthese gesteuert und die Proteinherstellung oder es werden Informationen übertragen und Denkprozesse ausgelöst.

Licht als Informationsträger:

Die folgende kleine Einführung erlaubt es auch einem Laien, sich eine Vorstellung zum Licht und den Zusammenhängen zu machen.

Licht, das aus einer Richtung auf eine Oberfläche auftrifft (Ankommende Lichtwelle), wird an dieser Oberfläche reflektiert, gestreut, gebeugt oder durchgelassen. Hat das Licht die Oberfläche passiert, wird Energie aus der Lichtwelle absorbiert, gestreut, gebeugt oder bis zur nächsten Schicht durchgelassen.



Das an der Oberfläche reflektierte Licht hat dieselbe Wellenlänge - aber eventuell eine andere spektrale Zusammensetzung - als das ankommende oder das durchgelassene Licht. Bedenkt man, dass dieser Vorgang winkelabhängig ist und räumlich, so erkennt man, dass aus einem einzigen Lichtpuls gleichzeitig Signale in alle Richtungen ausgesendet werden.

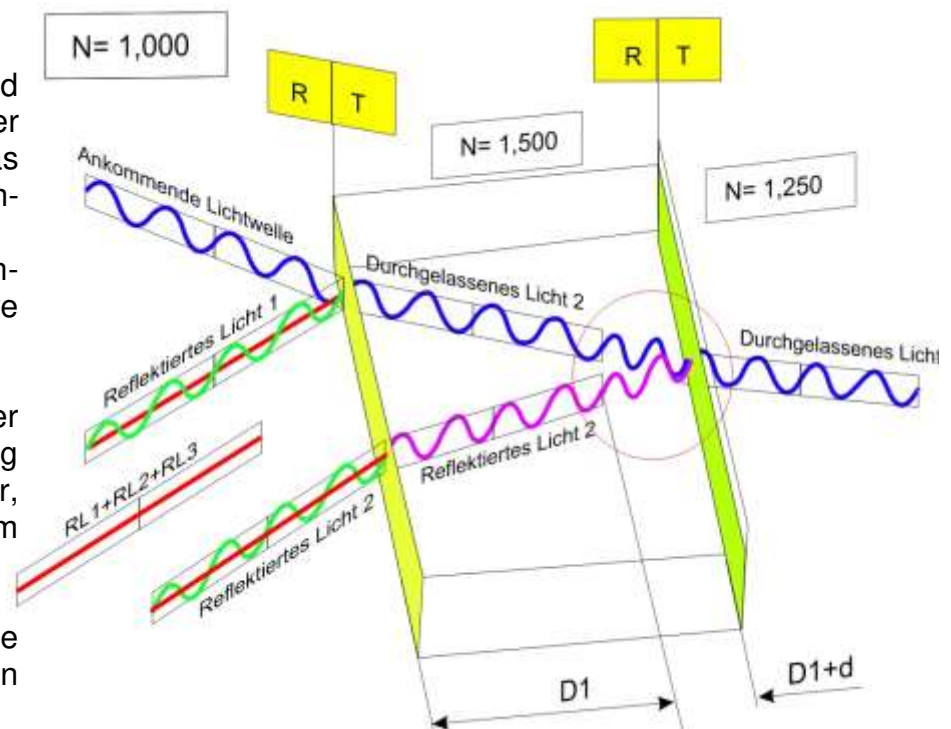
Verändern sich die optischen Eigenschaften einer Schicht z.B. durch Absorption so entstehen laufend spektrale Veränderungen, die sich in den räumlich ausgesendeten Signalen zeigen und erst dann enden, wenn die Lichtwelle das Bauteil (Folie, Zelle) ganz durchdrungen und wieder verlassen hat.

Ändert sich der Abstand zwischen 2 Schichten, (oder die Brechzahl), wird das Interferenzverhalten beeinflusst.

An Stelle konstruktiver Interferenz kann destruktive Interferenz auftreten.

Wird die Brechzahl grösser wird das Licht vom Lot weg gebrochen, wird sie kleiner, so erfolgt die Brechung zum Lot hin.

Die Totalreflektion ist eine Funktion der Brechzahlen und des Einfallswinkels.



Konstruktive oder destruktive Interferenz entsteht, wenn sich Dicke (D1, D2) oder die Brechzahl verändern.

Nach dem Durchdringen der ersten Schicht trifft die Lichtwelle auf die zweite Schicht, wo sich der Vorgang wiederholt. Aus den zweidimensionalen Darstellungen erkennt man dass auf der ersten Oberfläche zu verschiedenen Zeiten verschiedene Lichtwellen ankommen.

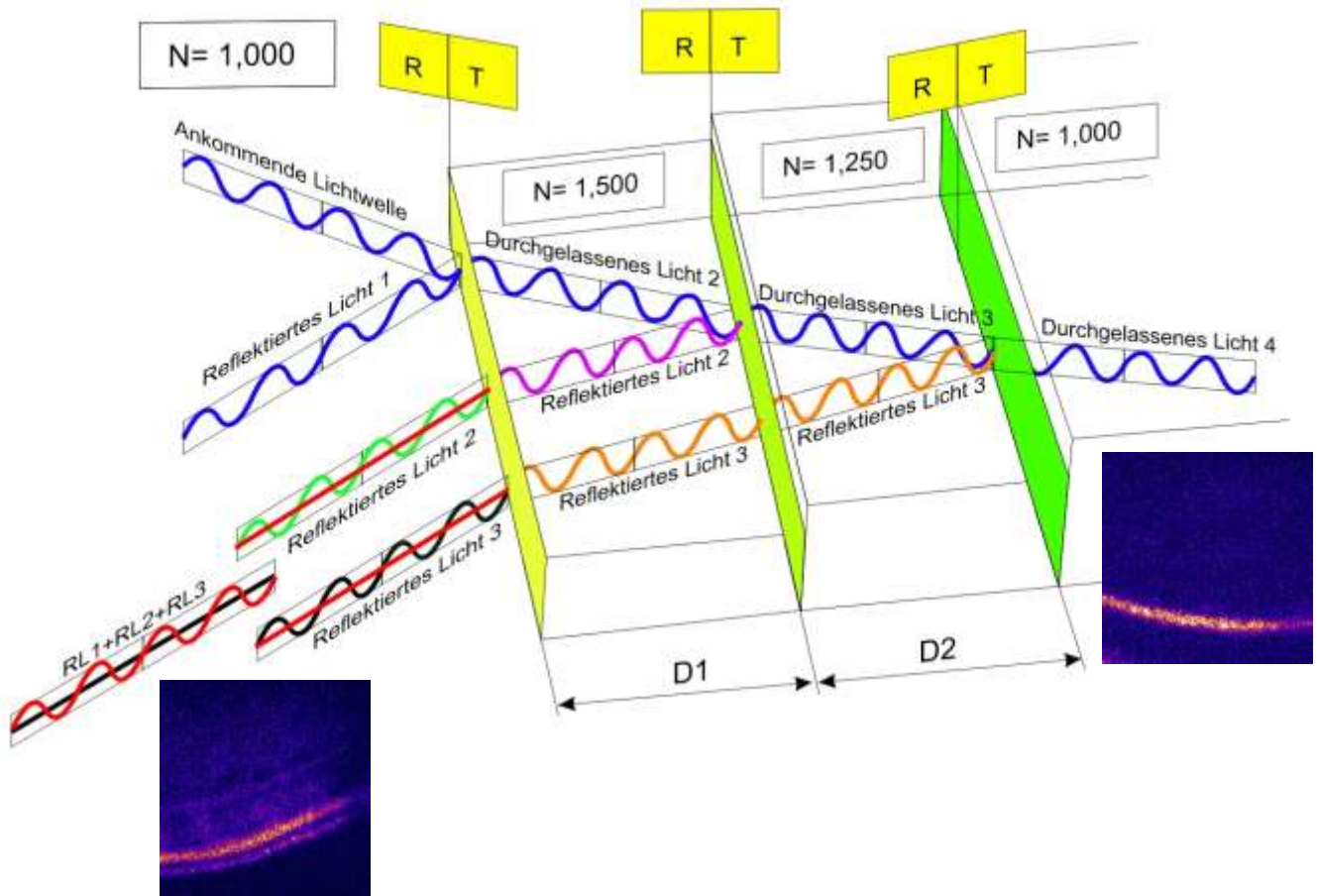
In der Folge sind einige Abläufe beschrieben um die Vielfalt der aus einem einzigen Lichtpuls entstehenden Signale die räumlich entstehen, zu erkennen. Aus einer Zelle mit einem Durchmesser von einigen Mikrometern entstehen räumlich Millionen Signale die sich direkt oder indirekt in der Umgebung (Zum Beispiel einer Zelle) auswirken.

Ankommendes Licht:	Erster zur Auslösung einer ganzen Reihe von sich spektral, zeitlich oder energetisch verändernden Signalen.
Reflektiertes Licht 1	Das reflektierte Licht hat die gleiche Wellenlänge wie das ankommende Licht.
Durchgelassenes Licht 2	Das durchgelassene Licht hat die gleiche Wellenlänge wie das ankommende Licht aber weniger Energie und eventuell mit einer andern spektralen Zusammensetzung. (Ohne Beachtung von Polarisierungseffekten).
Reflektiertes Licht 1	Reflektion an der Rückseite gegen die Oberfläche, an der das Licht zuvor eingetreten ist. Die Reflektion hat dieselbe Wellenlänge wie das eintretende Licht und kann mit dem durchgelassenen Anteil interferieren.
RL1 und RL2	Interferierendes Licht das durch die erste Oberfläche austritt und durch die optische Eigenschaft zwischen den zwei Schichten (Brechungsindex) und der Dicke dieser Schicht (Abstand) beeinflusst wird. Es entsteht konstruktive oder destruktive Interferenz an dieser Schicht.
Transmittiertes Licht 2	Licht das aus der Oberfläche, wo das Licht zuvor eingetreten ist, wieder austritt.
Abs.	Energie, die zwischen den zwei Schichten absorbiert wird. Diese Energieentnahme führt eventuell zu einer Veränderung der Streuung im Zwischenraum.
Durchgelassenes Licht 3	Die Wellenlänge ist noch immer gleich wie die Wellenlänge des eingetretenen Lichts aber geschwächt durch die Reflektionen oder die Absorption zwischen den Schichten.

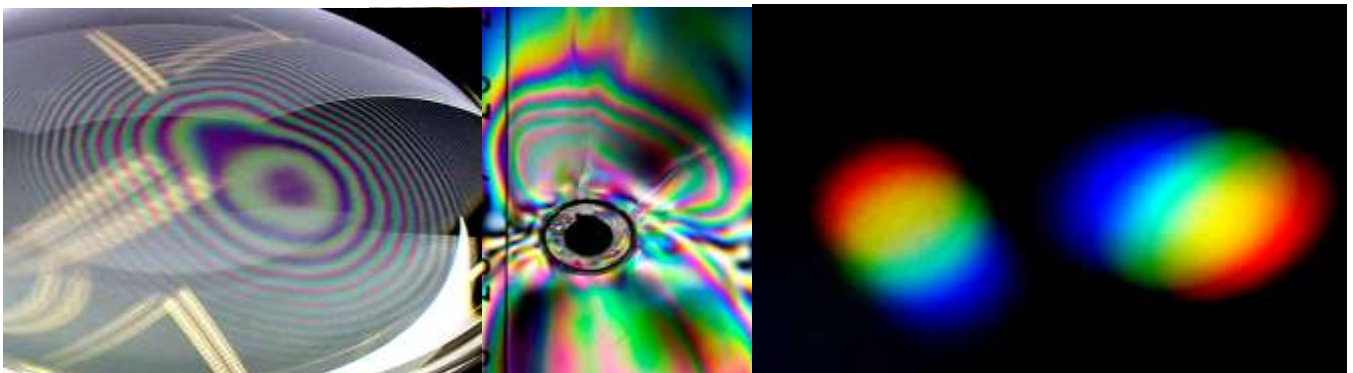
Solange Licht eine Schicht durchdringt (Oder mehrere Schichten), treten Reflektion, Absorption oder Transmission auf. Da weisses Licht aus verschiedenen Frequenzen besteht sind die oben aufgeführten Effekte spektral, d.h. es treten spektral konstruktive oder destruktive Interferenzen auf. Im Gegensatz zu weissem Licht das alle Wellenlängen beinhaltet weist Laserlicht eine spektral eng begrenzte Wellenlänge auf.

Ohne auch noch die Absorption in einer Schicht zu beachten ist das Licht, welches auf der Oberfläche eines Bauteils austritt eine Integration der sich ergebenden Interferenzen im Innern der Schichten. Sie sind konstruktiv (grün), wenn sie sich addieren oder sie destruktiv (rot),

wenn sie sich auslöschten. Ausgehend von der ersten Reflektion auf der äusseren Oberfläche folgen die zweite Reflektion von der Rückseite und dann erst die dritte Reflektion.



Die zeitliche Verzögerung von Lichterscheinungen (Reflektionen, Transmission, Absorption) erlauben es einem Betrachter, aus den Signalen definierte Kenntnisse abzuleiten. Die folgenden Interferenzbilder zeigen „Newtonringe“ (Bild links) „Spannungen“, (Bild Mitte) und „Lichtbrechung“ (Bild rechts).



Newtonringe zeigen Abstandsänderungen im Nanometerbereich, in der Spannungsoptik führen Veränderungen im Brechungsindex zu den Interferenzerscheinungen und bei der Lichtbrechung von Sonnenlicht an Kristallprismen entstehen Regenbogenfarben.

Photonen (Lichtteilchen) versorgen die Erde mit Energie von der Sonne und beeinflussen das Geschehen auf der Erde in entscheidendem Ausmass. Dass wir noch so wenig vom Licht verstehen liegt an der Komplexität, das in diesen kleinen, leichten und sehr schnellen Teilchen steckt.

Vielseitiges Licht:

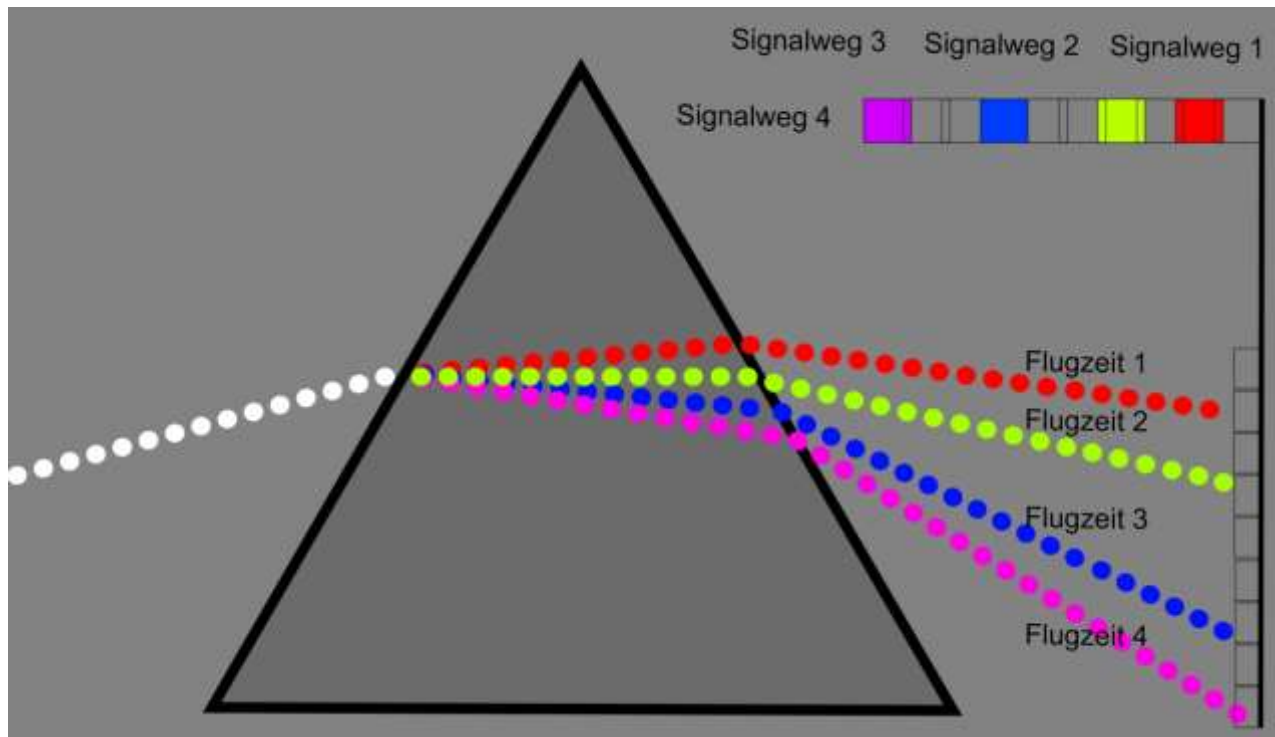
Am Beispiel der Seifenblase ergeben sich schier unendlich viele Farbspiele, welche sich zeitlich laufend verändern. Wirbel als Unterschied in der Dicke der Seifenblasenhaut oder Spektralfarben als Interferenzerscheinung zwischen der Aussenseite der Seifenblase und der Innenseite oder Effekte von der gebogenen Rückseite sowie die Richtungsabhängigkeit und der Hintergrund beeinflussen die wahrnehmbare Information.



Auf der Riesenseifenblase erscheint das „Sturmtief“ als Reflektion auf der Innenseite der hinten liegenden Halbschale. Die vordere Halbschale ist im oberen Teil der Kugel transparent. Im unteren Teil erkennt man die Spektralfarben, die sich nochmals an der unten liegenden Halbschale im Innern der Kugel zeigen. Je nach Standort des Betrachters erscheinen aus einem Lichtpuls mehrere tausend Signale die sich zeitlich und spektral unterscheiden und so eine „Tomografische“ Signalverarbeitung ermöglichen.

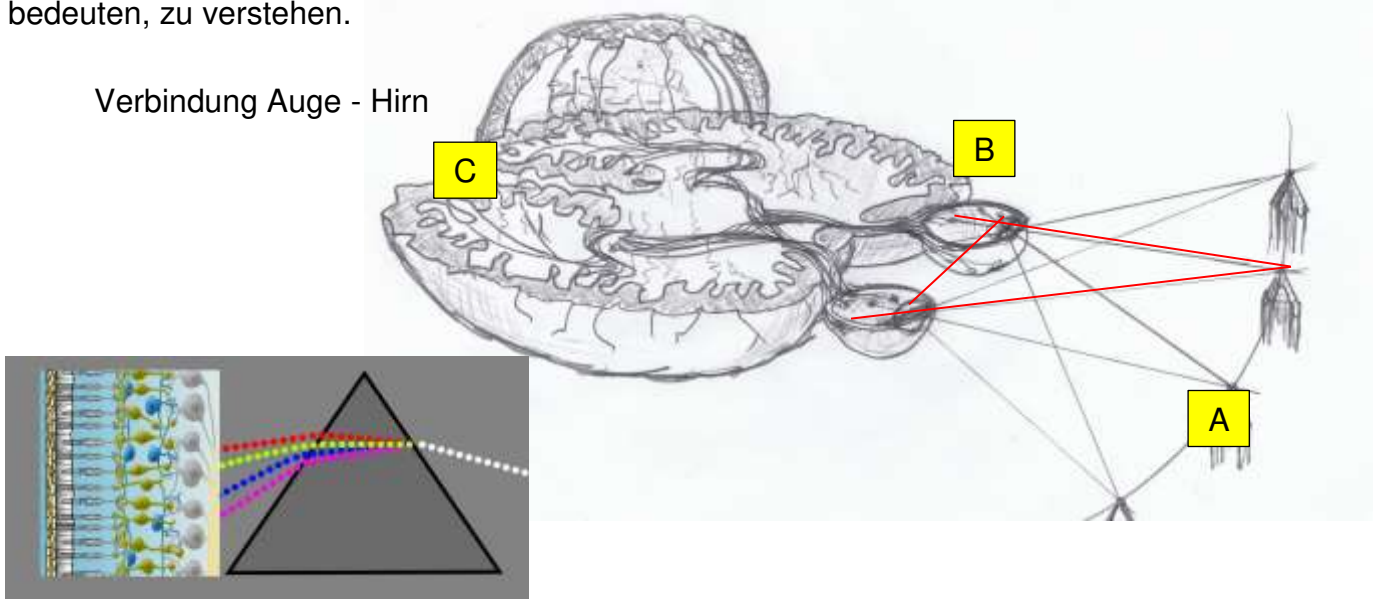
Ausgehend davon, dass blaues Licht kürzere Wellenlängen aufweist als rotes Licht erkennt man deutlich, dass Gangunterschiede auftreten, wenn man weisses Licht als Pulsquelle einsetzt. Weisses Licht (von links her kommend) beinhaltet bekanntlich alle Spektralfarben.

Wenn weisses Licht durch ein Kristallprisma geht, folgt der violette Anteil des Lichts einem andern Weg als der rote Anteil. Der violette Anteil des Lichts ist demnach länger unterwegs als der rote Anteil. Beide Kriterien (Ortslage, Zeit) werden heute technisch genutzt um Signale zuzuordnen.



Die entscheidenden Auswirkungen des Lichts sind nicht von kommerziellm Nutzen sondern von existentieller Bedeutung für die Erde und in diesem Zusammenhang auch für den Menschen. Bei der Photosynthese, einem der wichtigsten Prozesse auf der Erde, ist Licht der Antrieb um direkt oder indirekt Stoffe, Zellen oder andere Energieformen entstehen zu lassen und bei der Erkundung psychischer Erkrankungen erkennt man, dass Licht Hirnströme beeinflusst damit unsere Gedanken und Empfindungen steuert. Licht öffnet eventuell sogar einen neuen Weg, um psychische Erkrankungen, die für viele Menschen ein schweres Dasein bedeuten, zu verstehen.

Verbindung Auge - Hirn



Mit Licht werden Hirnströme beeinflusst und mit Licht werden vielleicht Wege gefunden, um schleichende Erkrankungen im Hirn verstehen zu lernen. Das Licht, das vom Fokuspunkt (A) in das Augen links (B) fällt, ergänzt mit dem Licht, das vom gleichen Fokuspunkt aus in das Auge rechts gelangt erlaubt es, zusammen mit dem Hirn (C), Gegenstände räumlich

wahrzunehmen. Man weiss heute, dass sich Hirnströme sichtbar machen lassen, aber die daraus entstehenden Empfindungen lassen sich noch lange nicht in Zahlen fassen. Aus dem vom Auge wahrgenommenen Licht werden räumlich wirkende Hirnströme erzeugt, die über bestehende Verbindungen im Hirn an die dafür vorgesehenen Orte geleitet werden.

Unser Denken lässt sich durch Messung der Hirnströme zwar aufzeigen, aber die Elektroden lassen Feinheiten in der Steuerung der Gedankenwelt nicht mehr erkennen. Um solche neuen Fragestellungen zu klären verwendet man heute "Licht" als schnelles, leichtes und vielfältiges Medium.

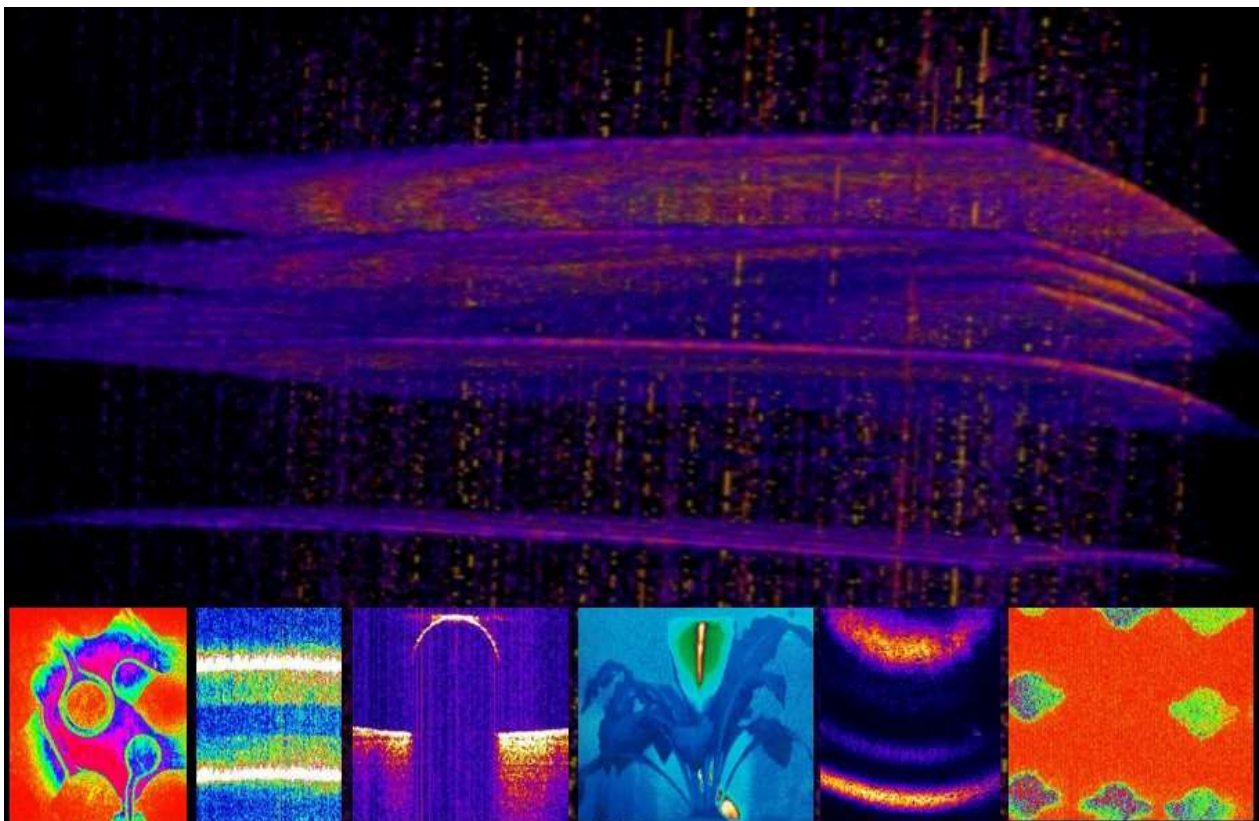
In der Biologie erkannte man schon früh, dass Mikroorganismen "Proteine" als Resultat elektrischer Ladung erzeugen und die elektrische Ladung durch sichtbares Licht entstanden ist. Die Proteine sind durch eine Reihe Genen die "Licht" zu Informationsszwecken und zur Energieumsetzung nutzen, entstanden. Man hat "Ionenpumpen" gefunden die mit Licht ein- und ausgeschaltet werden konnten und vieles mehr, was in der Folge zum Fachgebiet "Optogenetik" führte.

Optogenetik ist die Vereinigung zwischen Optik und Genetik. Dabei wird das Ziel verfolgt, definierte Zellen in Lebewesen durch Licht zu steuern oder zu erkennen, wenn Prozesse ausser Kontrolle geraten.

Die Optogenetik öffnet neue Wege um Zellen zu manipulieren (Im positiven oder im negativen Sinne), psychische Erkrankungen gezielt zu behandeln oder diese zu verstehen und entsprechende Medikamente zu entwickeln.

Licht wird auch im industriellen Umfeld zur effizienteren Produktion, zur Bekämpfung von Seuchen oder Krankheiten, für eine hocheffiziente Herstellung von Produkten aller Art oder zur Erzeugung von Energie zunehmend Bedeutung erlangen.

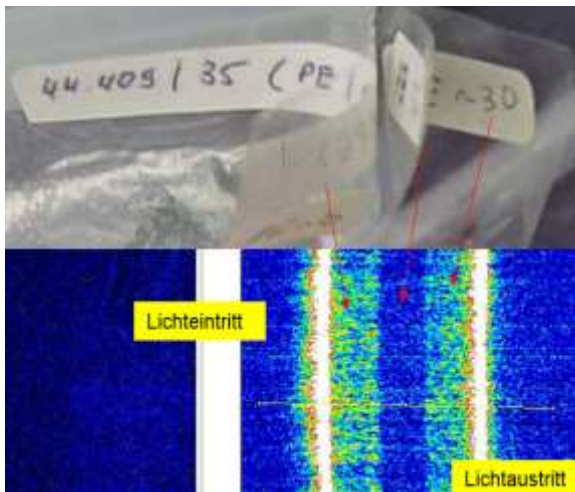
Die Werkzeuge unserer Väter werden durch moderne Werkzeuge ergänzt oder zum Teil abgelöst und erlauben dadurch neue Einblicke in eine noch unbekannte Welt.



Wir nutzen „Licht“ zur Lösung technischer Fragestellungen

Schichtdickenmessung in der Folienproduktion:

Optische Profilometer sind zur Produktionsüberwachung und zur Prozessentwicklung heute mit professioneller Software zum Visualisieren von 3D-Oberflächen in Echtzeit, zum Erstellen von Oberflächentopografien oder zur Schichtdickenmessung ausgerüstet. In benutzerfreundlicher Desktop- Umgebung können die Systeme durch Kunden selber eingesetzt und bedient werden. Jeder Schritt in der Vermessung wird abgespeichert, sodass die volle metrologische Nachvollziehbarkeit garantiert und die Feineinstellung aller Schritte sofort möglich sind.

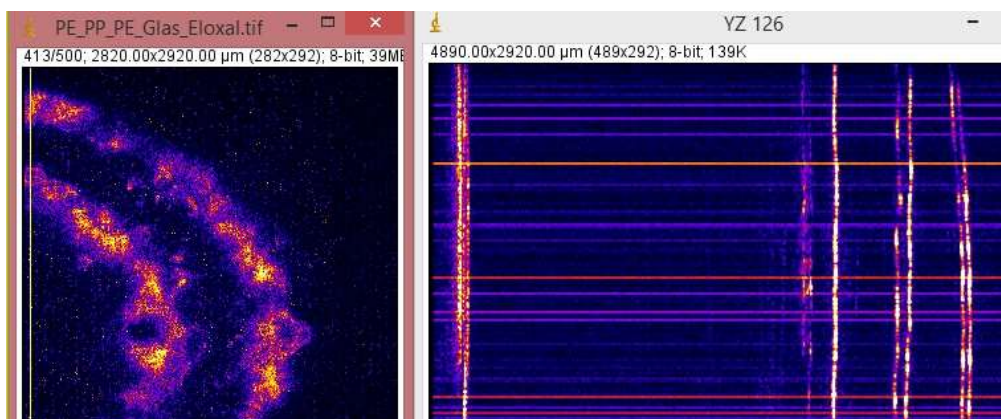


Ist die Schichtdicke einer Folie nicht bekannt oder fehlt eine Folie in einem Folienverbund, kann sich das auf unterschiedlichste Art und Weise auswirken (Gasdiffusion, Festigkeit, optische Erscheinung).

Bei Verpackungsfolien ist es notwendig, dass die Eigenschaft jeder einzelnen Folie nachweislich gewährleistet werden kann.

Dieser Nachweis gelingt vollständig nur noch mit absolut modernster Messtechnik.

Ein einziger Lichtpuls genügt bereits um jede Schicht in einer mehrlagigen Folie völlig berührungslos und Mikrometergenau zu vermessen.



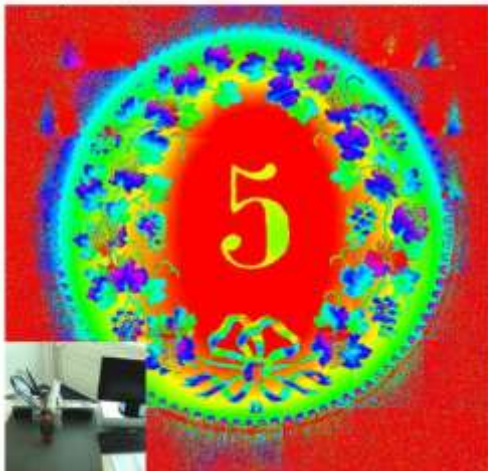
Die Bilder oben zeigen das OCT Messresultat auf einer Folie die aus 10 Einzelschichten besteht. Jede „Lichtfront“ zeigt an den Übergängen zwischen den einzelnen Schichten partiell mehr oder weniger reflektierte (oder gestreute) Photonen. Aus der Laufzeit der Photonen und aus den optischen Eigenschaften des Materials wird die eigentliche Dicke der einzelnen Schicht abgeleitet. Die Laufzeitmessung mit Schall ist aus der Akustik längst bekannt. Die Lichtlaufzeitmessung ist modernste Messtechnik, sie ist 1000-mal schneller und 1000-mal exakter als akustische Verfahren.

Topografie und 3D- Messungen

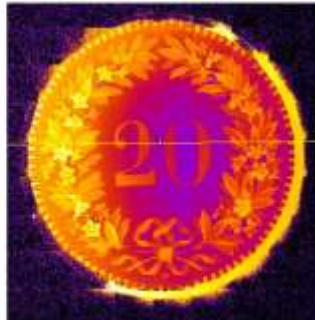
In der Grafik ist die Topografie im Amplitudenbild und im Phasenbild dargestellt. Firmenstempel auf der Kalotte. Bei der topografischen Vermessungen werden Kratzer,

Eindrücke, Verdickungen, Dichteunterschiede und vieles mehr höchst exakt vermessen. Kleinste Unebenheiten oder Ritzen werden problemlos erkannt.

OCT-Tomografie Topografievermessung



Höhenprofile auf Münzen mit dem OCT- 3D- System erfasst und als Farbkeil dargestellt.

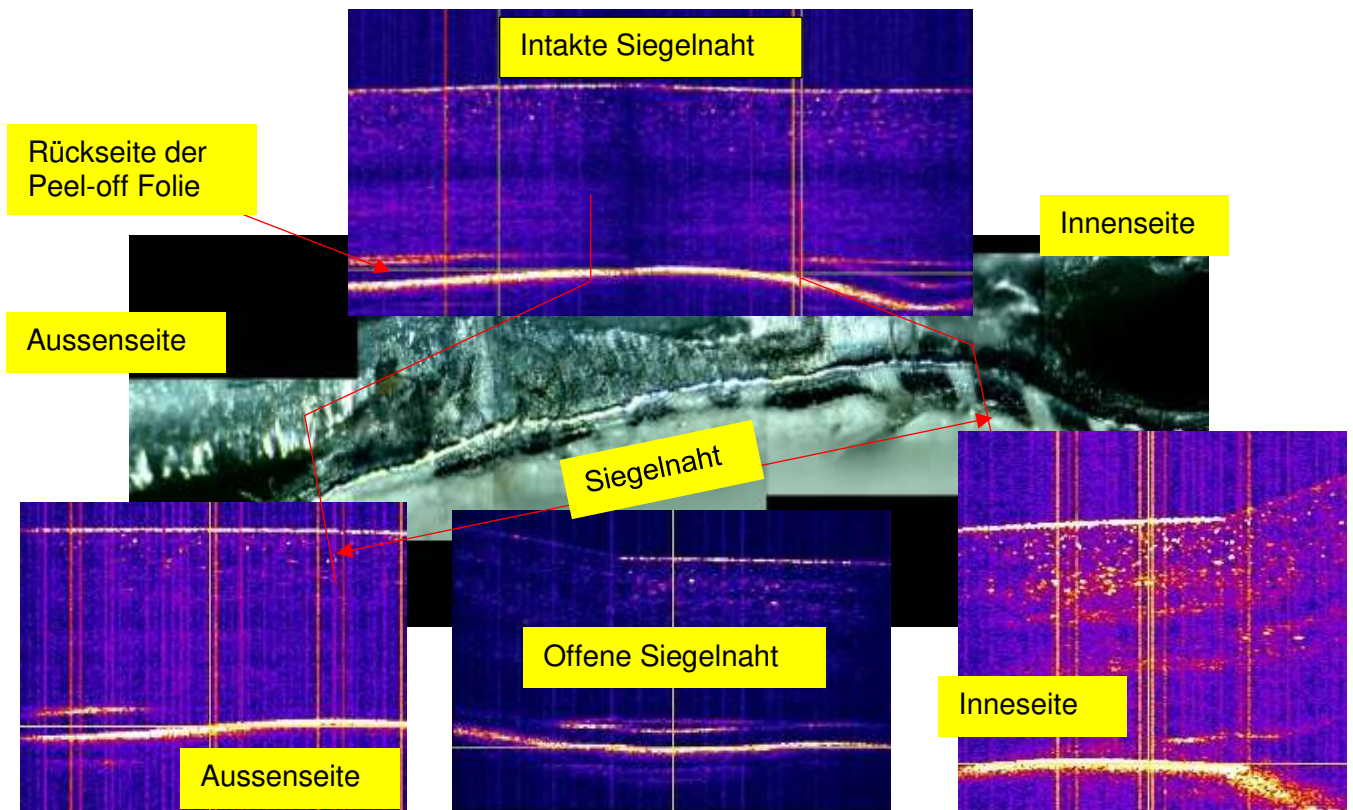


Die 3D Identifikation erhöht die Sicherheit um eine weitere Dimension. Es ist nur eine Frage der Zeit, bis wir dieses Potential nutzen.

Nebenstehend sind die OCT Bilder von Münzen dargestellt. Die Höhenunterschiede sind in Farbe codiert.

Siegelnahtinspektion

Bei Verpackungen, die mit einer Deckfolie, welche vom Untergrund abgezogen werden kann, verschlossen sind, stellt sich immer wieder die Frage der Siegelnahtqualität. Erstmals ist es gelungen, sogar ein eingeschweisstes Haar mit einer robusten, für den industriellen Einsatz entwickelten Messtechnik in einer Siegelnaht zu erkennen. Das Prüfsystem erlaubt die Siegelnahtprüfung in Mikrometer-Genauigkeit bei hoher Prüfgeschwindigkeit.



Die Siegelnaht unter dem Mikroskop und im OCT-Bild. Die Bilder zeigen „Lichtreflektionen“ in der Siegelnaht, die eine Klassierung der Siegelnahtqualität ermöglichen. Auch die Siegelnahtbreite zwischen dem Innen- und dem Aussenraum kann vermessen werden.

Im Gegensatz zu allen herkömmlichen Systemen zur Siegelnahtinspektion liefert die Lichtlaufzeitmessung eine klare Information über die Qualität der Siegelnaht, auch in der laufenden Produktion. Wir finden ein eingeschweisstes Haar ebenso wie Ölspritzer, Falten, Kaltschweißnähte und dergleichen. Das OCT liefert unabhängig von der Materialzusammensetzung auswertbare Informationen. Ob eine undurchsichtige Folie das Produkt schützt oder eine transparente Folie, ein Behälter mit versiegelter Oberfläche oder eine Klarfaltbox, ein Stülpedeckel oder eine Aludose, das alles spielt bei der OCT Siegelnahtprüfung keine Rolle.

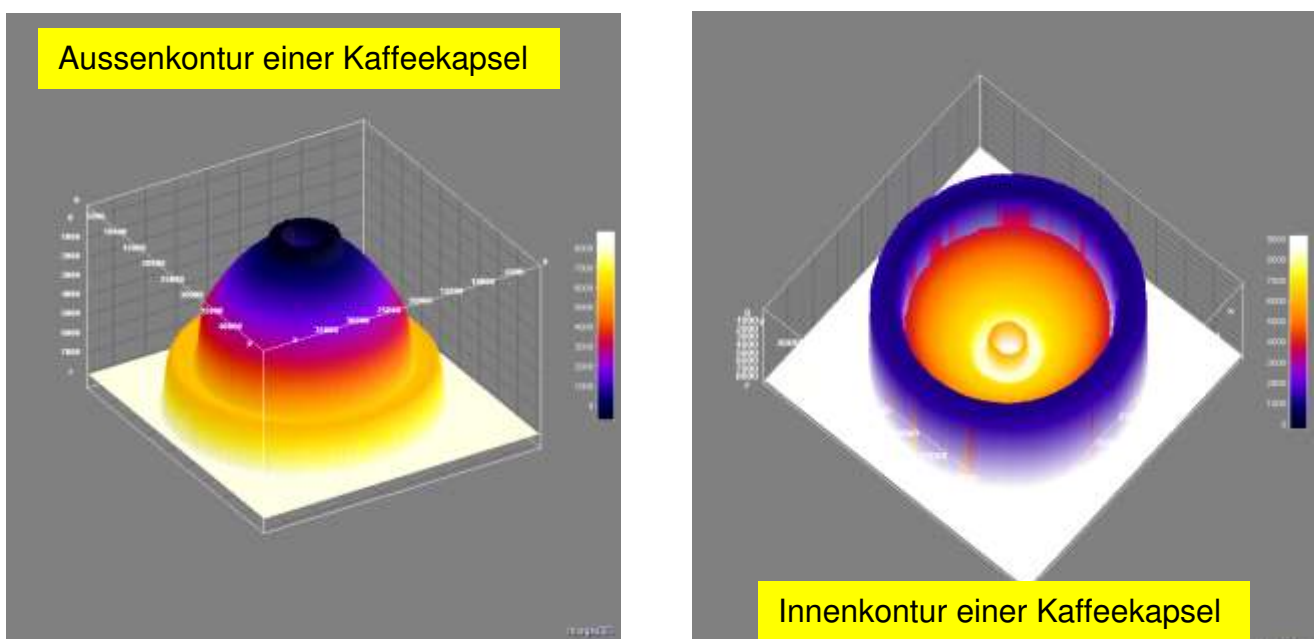


Die Bilder oben zeigen das Bild Nr. 201 und das Bild 208 aus dem Stack von 500 Bildern. Da der ASP Sensor (Active Sensor Pixel Array) 1 Mfps (Million Bilder pro Sekunde) erfasst wird sogar ein Haar das in der Siegelnaht eingeschweisst ist, zuverlässig erkannt.

Geometrievermessung von Bauteilen aller Art

Die Prüfung von Bauteilen erfolgt rechnergesteuert und beinhaltet ein komplettes Messprotokoll, das den geltenden metrologischen Anforderungen gerecht wird. Die Messgenauigkeiten liegen im Submikrometerbereich. In der Folge sind 3D- Bilder der Aussenkontur und der Innenkontur von Kaffeekapseln dargestellt.

Schnelle und mikrometergenauere Vermessung.



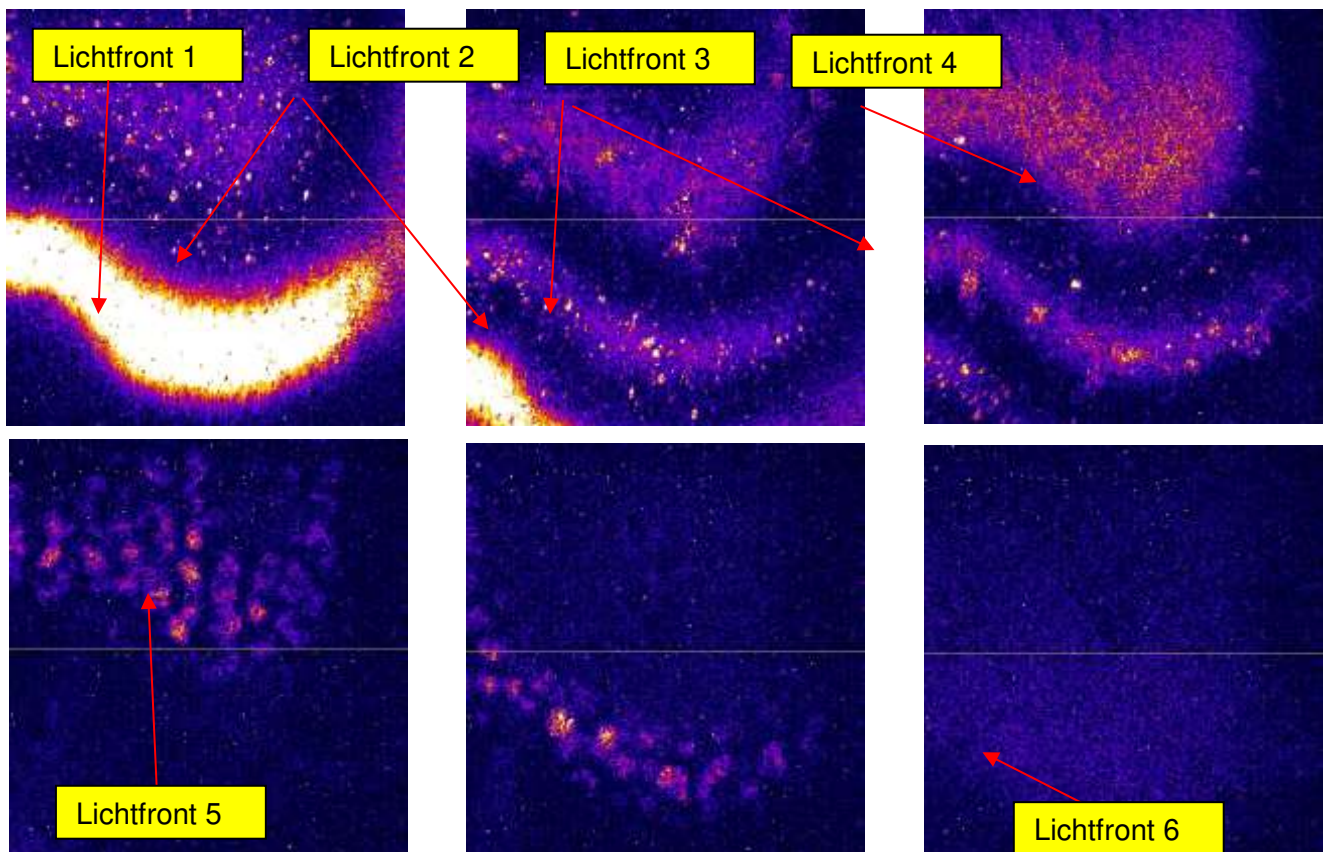
Aus den Volumendaten der berührungslosen Bauteilvermessung werden die Dicken der einzelnen Schichten (Boden, Kragen, Seitenwand) an einem Bauteil, die Volumen (Inhalt, Hohlraum) oder das Gewicht ausgewertet und kleinste Unebenheiten erkannt. Jeder Farbwert entspricht einer Dickenabweichung in Mikrometer. Aus den Messwerten kann man

sogar auf dem Boden angebrachte Konturen wie Noppen, Werkzeugnummern oder andere Kennzeichen extrahieren. Das folgende Bild zeigt die Auswertung von einem Datensatz am Kapselkragen, also auf der Siegelnahtebene. Aus den Daten beim Energiering wird die Parallelität der Flächen gegeneinander ermittelt sowie Planarität, die Höhen und die Durchmesser. Das Ergebnisbild (grosses Bild oben rechts) zeigt die „Dickenverteilung“ auf der „Siegelebene“ und entlang des Energiegebers, der eine definierte Form- und eine minimale Höhe haben muss. Unten sind die Resultate von unten (Bild links) und die Messung von oben (Bild rechts) an einer andern Kapsel in einem höhencodierten Massstab dargestellt.

Jeder Schichtübergang liefert ein Lichtsignal.

In der folgenden Bilderserie sind die einzelnen Lichtfronten die bei einer einzigen Messung erfasst werden, dargestellt. Die erste Lichtfront (Bild links) zeigt die Oberfläche einer Folie, die aus mehreren Lagen besteht. Die dunklen Zonen in den OCT Bildern sind Bereiche zwischen den einzelnen Folien.

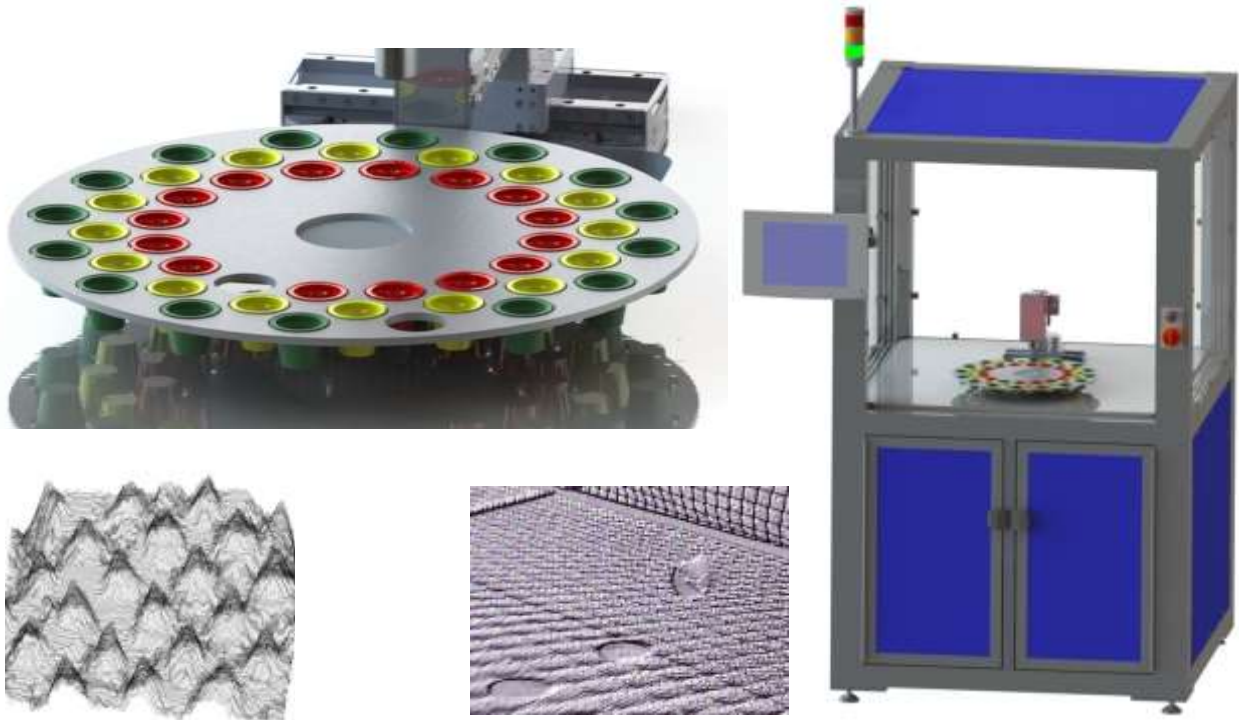
Das System misst mit einer geometrischen Auflösung zwischen $0,1 \mu\text{m}$ bis $50 \mu\text{m}$ und in z-Richtung deutlich unter $1 \mu\text{m}$. Die Messkamera erfasst 1 Mio Bilder pro Sekunde. Ein grosser Teil der Daten wird direkt auf dem Sensorchip verarbeitet was den Auswerteaufwand erheblich reduziert.



Überall wo Produktionsprozesse überwacht werden müssen, stellt sich immer wieder die Frage, welches Verfahren sich am besten zur Lösung einer Aufgabe eignet. Vielfach fällt der Entscheid auf „Überwachungskameras“, welche aber die Ansprüche oft nur in Teilbereichen erfüllen. Der Lichteintritt in der Bildersequenz oben zeigt sich deutlich an der starken Reflektion beim Eintritt in die erste Schicht. In der ersten Schicht sind Partikel zu erkennen die das Licht streuen. Ursachen für diese Streuung können unvernetzte (oder wenig) Kunststoffe sein oder eingestreute Partikel (Schmutz, Reflektoren). Die weiteren Schichten liefern Signale solange genügend Licht zum Sensor gelangen.

Mit der OCT-Technologie steht eine robuste Technologie bereit, welche in einem Arbeitsgang mehrere Fragestellungen beantwortet. Das Verfahren haben wir eingesetzt um Material zu charakterisieren, um eine Geometrie zu vermessen, die Dicke einer Schicht oder eines Schichtverbundes festzustellen und für vieles mehr.

Das OCT-Verfahren eignet sich überall wo konventionelle Verfahren nicht mehr eingesetzt werden können oder wo besonders hohe Ansprüche an die Präzision und an die Geschwindigkeit einer Messung gestellt sind.



Mit Hilfsmitteln aus der Lichttechnik ist man heute in der Lage, Material und Oberflächen zu charakterisieren, die Geometrie komplexer Bauteile mit höchster Präzision zu vermessen oder auch Produktionsprozesse zu überwachen. All diese Aufgaben werden oft in einem einzigen Arbeitsgang, mit einem einzigen Verfahren und völlig berührungslos gelöst.

Licht ist 1000 mal schneller und 1000 mal genauer als bisher eingesetzte Verfahren und erlaubt berührungslos und sehr schnell derart vielfältige Aussagen wie sie bisher kaum vorstellbar waren.

Licht Dient als Schmuck, beeinflusst die Psyche, ist Messwerkzeug und Energiequelle in einem und das immer zur gleichen Zeit.

Weitere Informationen finden Sie auf unserer Webseite unter www.flo-ir.ch.

DGZEPBeschreibung CF