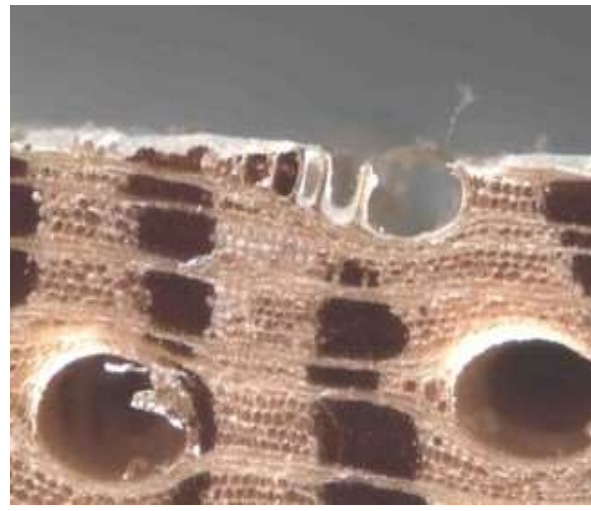
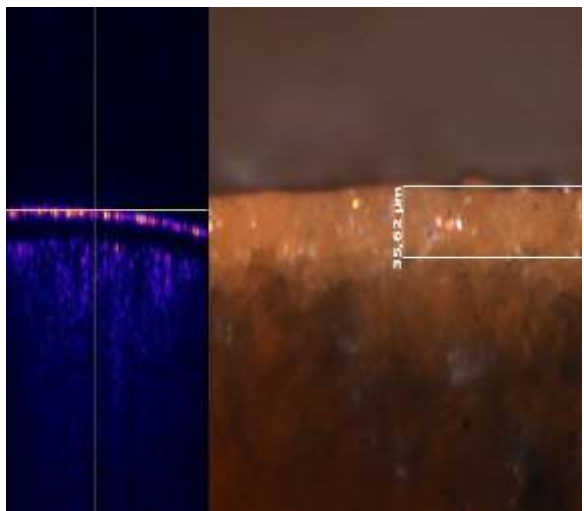
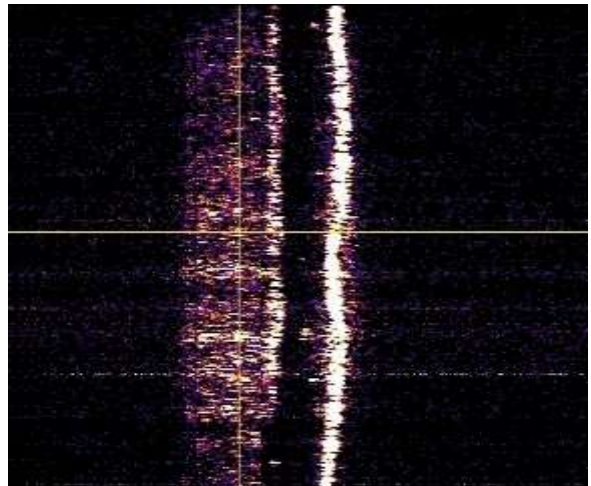


Beschichtungen im Bauwesen

Nur die richtige Dicke einer Beschichtung auf Bauteilen aus Beton, Stein, Glas oder Holz bietet den erwünschten Schutz und gewährleistet die langfristige Werterhaltung.



Mit der tomografischen Methoden und ergänzenden Verfahren werden die Dicken von Beschichtungen oder deren Haftung auf Bauteilen aller Art zerstörungsfrei, berührungslos und sehr genau vermessen.

Einleitung:

Beschichtungen haben eine begrenzte Nutzungsdauer die von klimatischen Einflüssen, der Art des Anstrichs und der Verarbeitung abhängen. Ist eine Schicht zu dünn oder zu dick, ist die erwartete Schutzfunktion nicht gewährleistet, weil zum Beispiel Feuchtigkeit oder Gase durchgelassen werden, sich anhaftende Schadstoffe auswirken oder weil sich Mikrorisse bilden und Schichtsysteme auseinanderfallen.

Schichtsysteme bestehen in der Regel aus mehreren Lagen, die für definierte Aufgaben ausgelegt und von Industrieunternehmen angeboten und in den Markt gebracht werden. Aufgrund der Produkthaftung ist der Anbieter eines Schichtsystems in der Gewährleistungspflicht. Er muss deshalb alle Faktoren, die den Nutzungszeitraum einer Beschichtung verkürzen, klären und die angebotenen Funktionen auch gewährleisten.

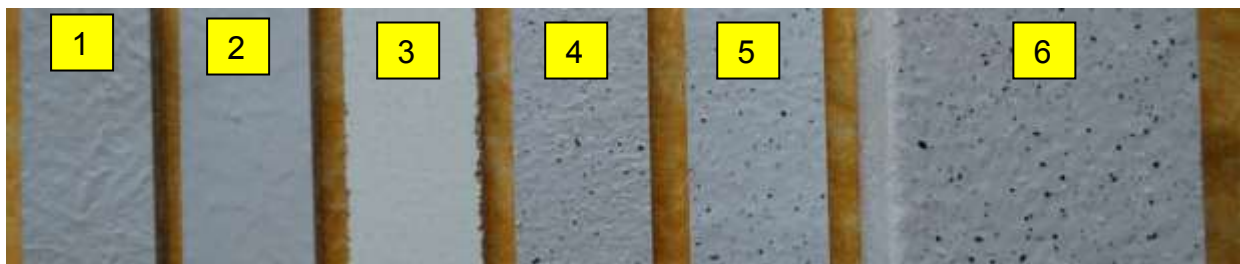
Bei der Verarbeitung eines Schichtsystems werden in der Regel die von einem Systemlieferanten geforderten Applikationsvorschriften berücksichtigt.

Ist aber eine Beschichtung aufgebracht ist eine Abnahme der bestellten Leistung erforderlich. Dies bedeutet, dass heute ein Schichtsystem in der Regel nur zerstörend mit dem Keilschnittverfahren, geprüft werden kann. Das Keilschnittverfahren ist ein zugelassenes Verfahren, das es aber notwendig macht, eine Beschichtung partiell zu zerstören. Deshalb können nicht beliebig viele Messungen gemacht werden, weil mit der Anzahl der zerstörenden Messungen das Risiko eines Folgeschadens steigt.

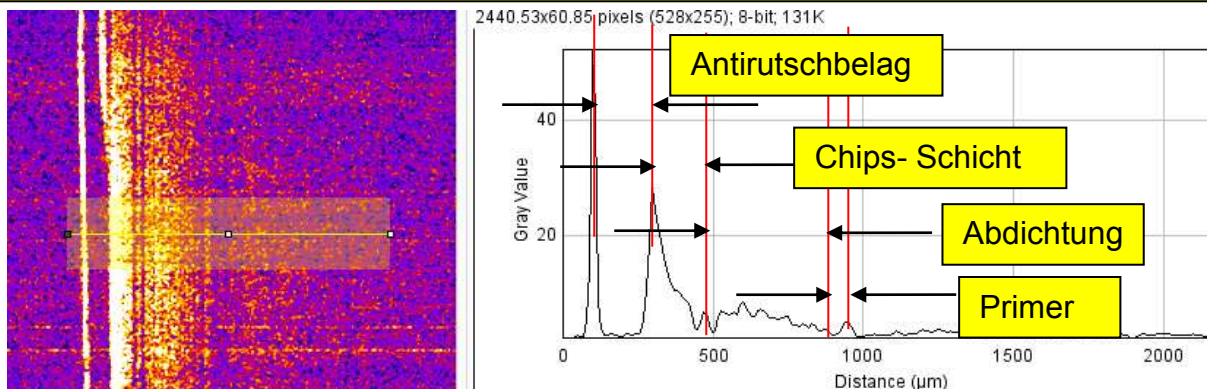
Um statistisch gesehen eine genügend grosse Anzahl von Messungen zu haben, sind mehr Messdaten erwünscht, was nur durch zerstörungsfreie Verfahren möglich ist.

Einzigartige Methode zur zerstörungsfreien Schichtdickenmessung

Aufgebaut auf dem Prinzip des Vergleichs zwischen einer Referenzfrequenz (Beliebige Frequenz) und der durch die Schicht beeinflusste, reflektierte Messfrequenz (Schichtinformation), verbunden mit der der Tomografie, wurde in den letzten Jahren eine einfach anzuwendende und robuste Messmethode aufgebaut, die zerstörungsfrei mikrometeregenaue Messungen an Schichtsystemen aller Art auf allen Trägern erlaubt.

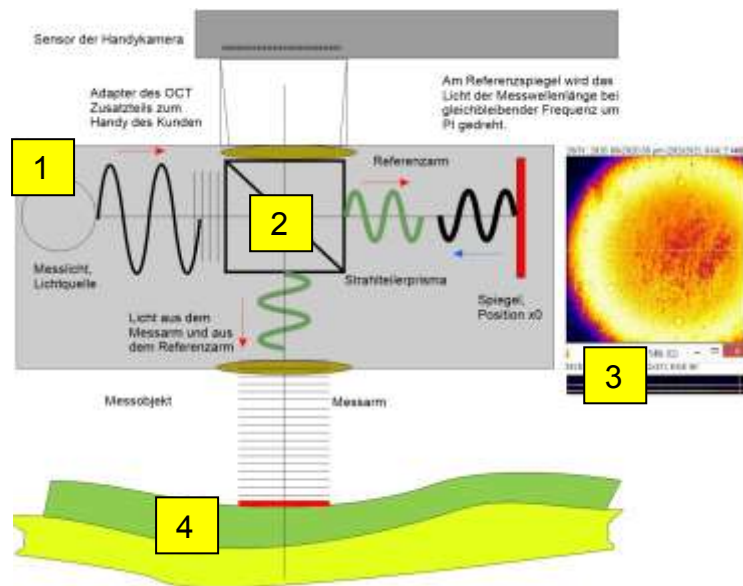


1. Faserbeschichtung auf Holz - 2. Abdichtung auf Holz - 3. Grundierung auf Holz - 4. Im Schichtsystem eingebettete Chips auf Holz - 5. Gesamters Schichtsystem mit Antirutschbelag auf Holz, - 6. Wie 5 auf Beton.



Oben sind verschiedene Schichtsysteme die im Bauwesen von Bedeutung sind, nebeneinander aufgereiht. Unter dem Bild ist ein volles Schichtvolumen dargestellt mit 4 Schichten. Die Primerschicht mit einer Dicke von 15 µm erscheint bei 1,7 mm Dicke nur

schwach. Im vorliegenden Bericht sind Resultate aus Messungen an Beschichtungen auf Beton, Steinzeug, Glas, Holz oder Kunststoffen aller Art beschrieben und erläutert. Die von uns entwickelten Verfahren erlauben die Messung der Dicke von Schichten ab einer Dicke von 1 Mikrometer (Primerschichten, Haftvermittlerschichten) bis zu mehreren Zentimetern (Asphalt oder Betonschichten). Unsere Verfahren erfüllen höchste Ansprüche mit einfachsten Mitteln.



Die der Quelle (1) ausgesendete Messfrequenz (2) wird auf einen Spiegel (3) geleitet, auf das Objekt (4).

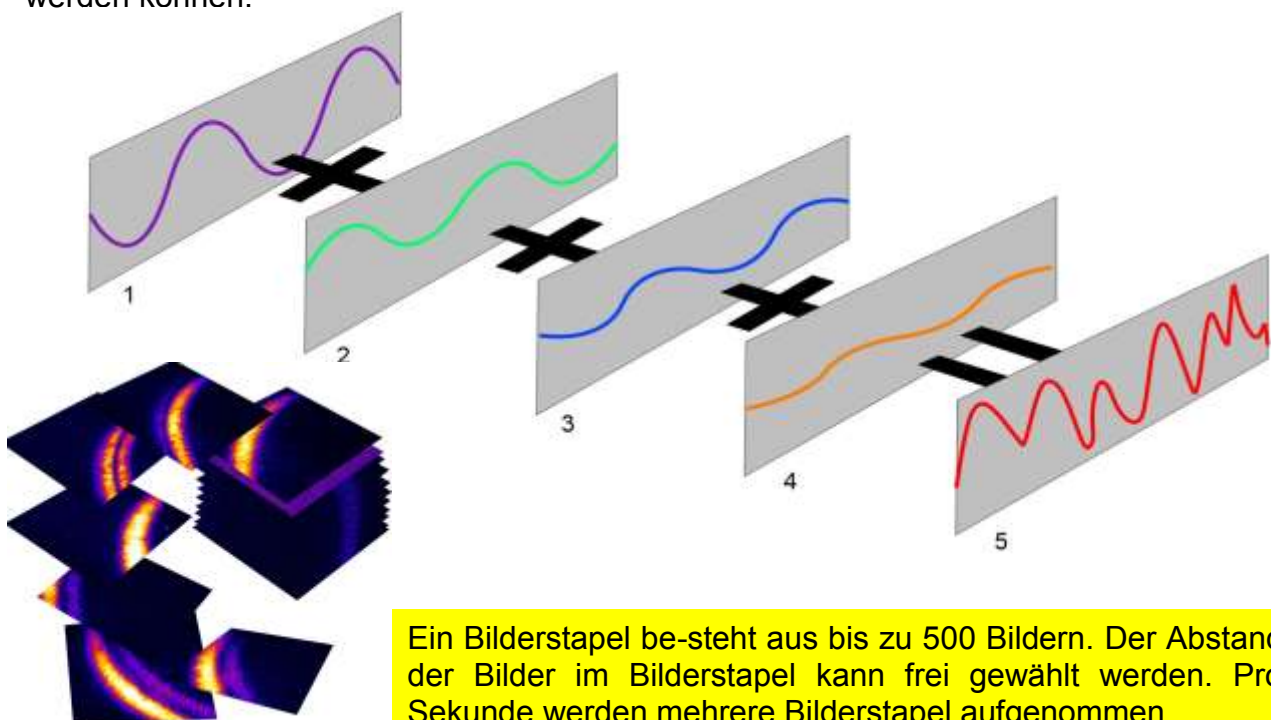
Vom Spiegel und vom Objekt wird die Frequenz reflektiert. Der Unterschied im Frequenzgang ist nur von den Objekteigenschaften geprägt.

Bei der Auswertung wird genau dieser Unterschied ausgenutzt um aus der Laufzeit auf die Dicke des Mediums im Objekt zu schließen.

Durch einen Vorschub wird ein komplettes Tomogramm erstellt, aus dem mehrere Schichten ausgewertet werden können.

Schichtabstände zerstörungsfrei messen:

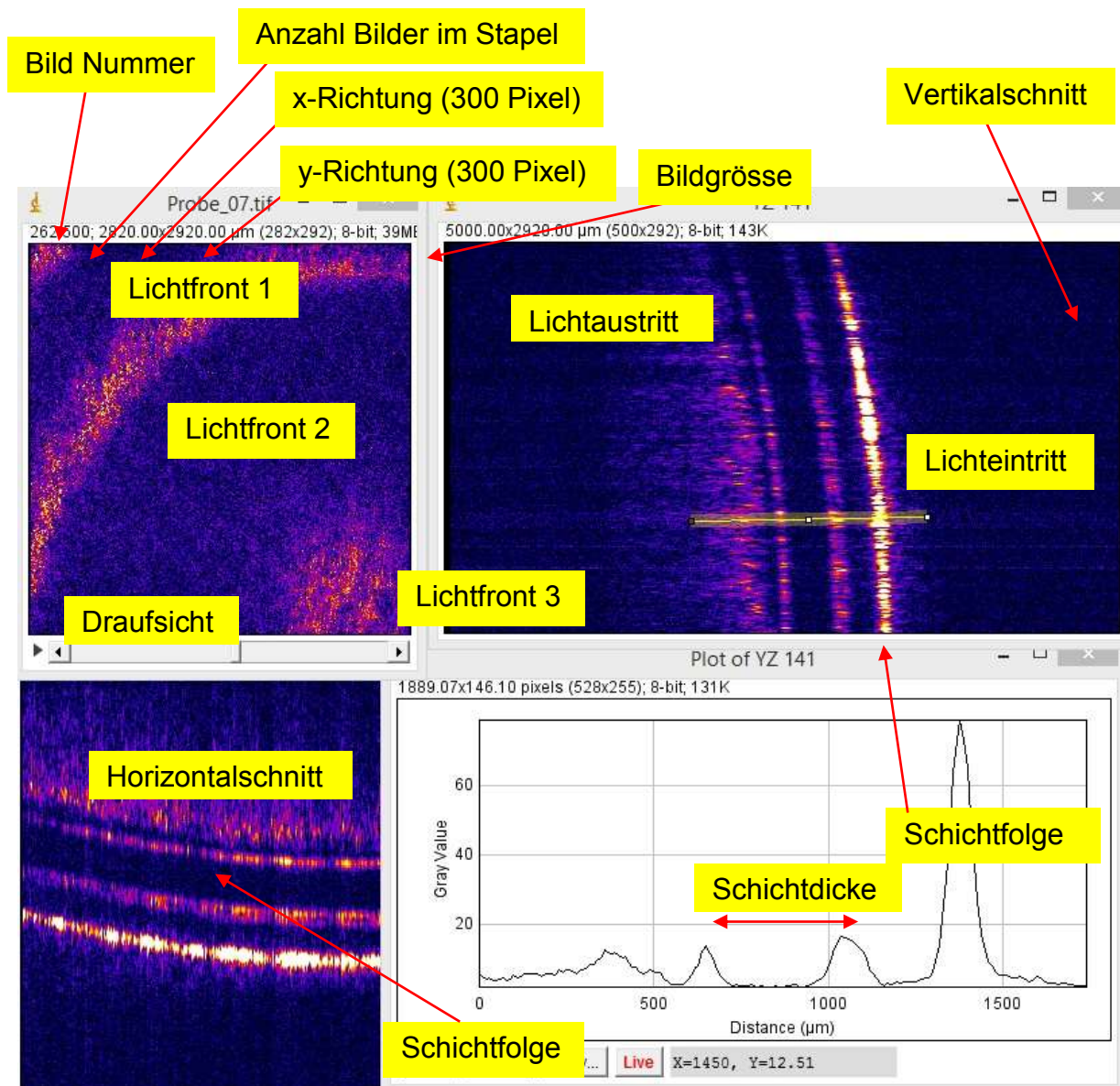
Vom Sensor wird die Antwortfunktion aus dem Schichtsystem als hell/dunkel Muster registriert. Der Gangunterschied, ist durch die Eigenschaft und die Schichtdicke bestimmt. Für die Auswertung des Gesamtsignals wird eine Modellrechnung durchgeführt, woraus das Schichtsystem bestimmt wird. In der Modellierung sind die Zielvorgaben zu berücksichtigen. Die Modellierung wird genutzt um komplexe Schichtsysteme aus dem erfassten Signal zu rekonstruieren, sodass die Abstände der einzelnen Schichten im Schichtsystem berührungslos und zerstörungsfrei gemessen werden können.



Ein Bilderstapel besteht aus bis zu 500 Bildern. Der Abstand der Bilder im Bilderstapel kann frei gewählt werden. Pro Sekunde werden mehrere Bilderstapel aufgenommen.

Zum Lesen der Bilder und der im OCT-Bild enthaltenen Informationen

Ist der Messkopf am Netz angeschlossen und über die USB-Schnittstelle mit dem Rechner verbunden, können bereits Messungen ausgeführt werden. Der OCT-Messkopf kann auf alle Manipulatoren aufgebaut werden.



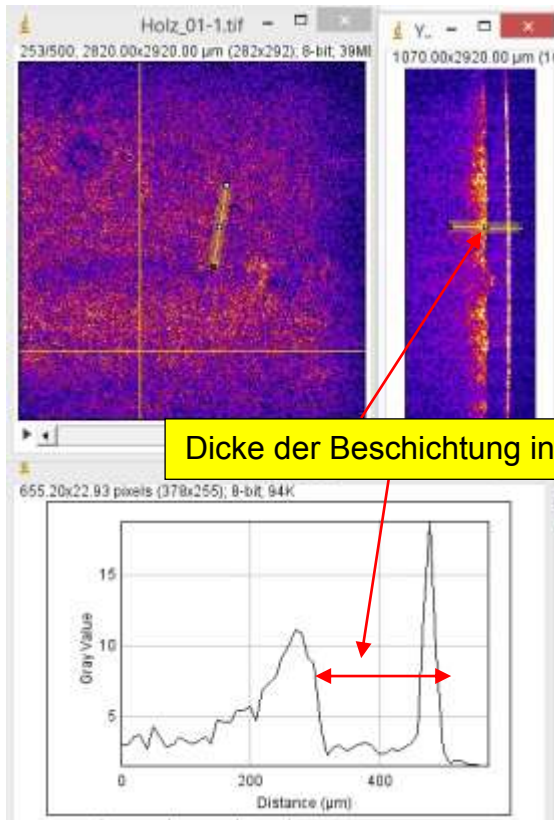
Der OCT- Datensatz (Draufsicht, oben links) zeigt die Signalfront 1 im Eckbereich oben links, die Signalfront 2 in der Bildmitte und die Signalfront 3 in der Ecke unten rechts. Der Vertikalschnitt (Bild oben rechts) oder der Horizontalschnitt (Bild unten links) zeigen den Schnitt durch den Bilderstapel von 500 OCT- Bildern. Die Grafik (Bild unten rechts) zeigt das Signalprofil durch die Schichtfolge woraus die Schichtdicke abgeleitet werden kann.

Laminatbeschichtung

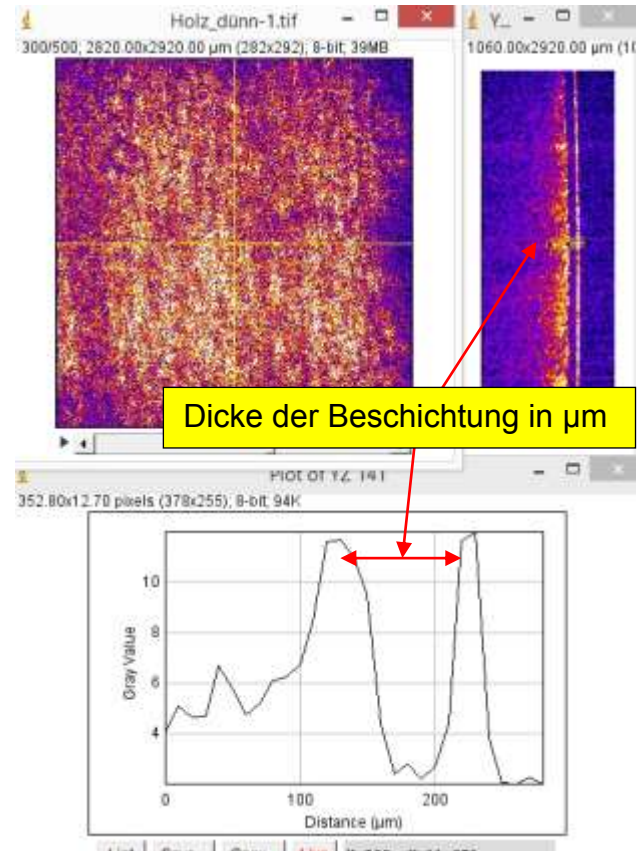
Die Messung der Schichtdicke in der laufenden Produktion ist wichtig, weil durch eine frühe Erkennung von Produktionsfehlern viele Folgeprozesse entfallen oder bisher notwendige Zusatzarbeiten nicht mehr ausgeführt werden müssen. Die Tomographie arbeitet berührungslos und ermöglicht die messtechnische Erfassung von optischen 3D-Bildern von transparenten oder semi-transparenten Materialien. Moderne Technologien haben zu einer neuen Generation von Miniaturinstrumenten geführt. Die Integration solcher Sensoren in der industriellen Messtechnik erlaubt den Bau von kostengünstigen

OCT- Systemen die zudem bedeutend kleiner sind als konventionell hergestellte OCT-Systeme. Mit der tomografischen Technologie werden hochauflösende 3D-Topographiebilder aufgenommen und zur Auswertung bereitgestellt.

Beschichtetes Laminat, Normaldicke



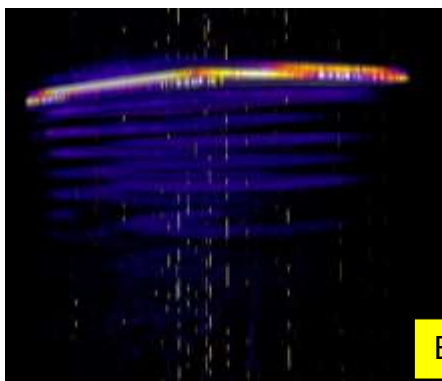
Beschichtetes Laminat, dünne Beschichtung



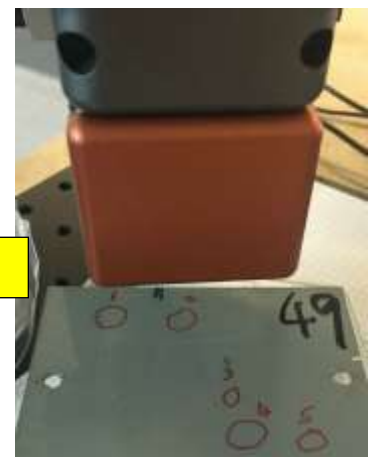
Stand der Technik

Heute ist das Interesse gross, die Qualitätskontrolle in der laufenden Produktion zu realisieren, jedoch sind damit konventionelle Messverfahren überfordert. Aus diesem Grunde werden noch viele Aufgaben „off Line“ bearbeitet, was erhebliche Folgekosten nach sich zieht. Die Auflösung der Systeme liegt im Sub- Mikrometerbereich und die Eindringtiefe in streuendes Material erreicht mehrere mm. Durch die zeitlichen Unterschiede vom reflektierten Signal innerhalb einer Probe können dreidimensionale Tiefenprofile vom vermessenen Objekt erstellt werden. Komplexe 3D-Bilder können durch Stitching quer über eine Probenoberfläche erstellt werden.

Bis zu 2000 3D Bilder pro OCT Stack

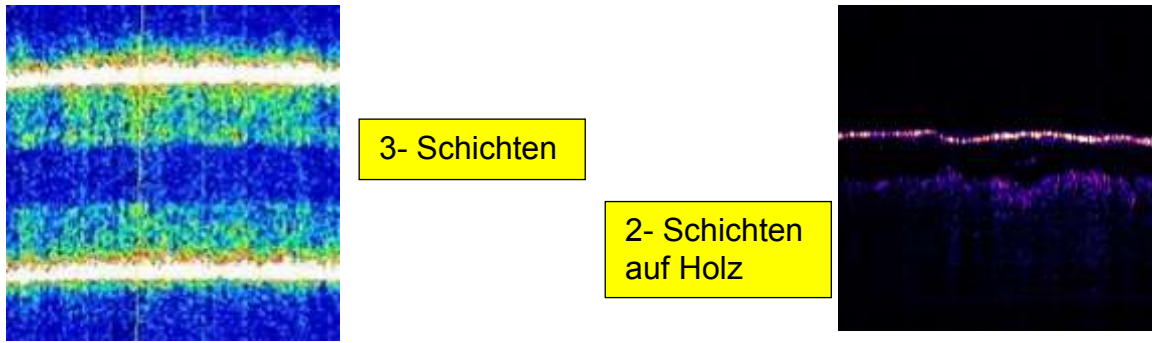


Messkopf



Durch den Einsatz von MOEMS werden die Messkopfgeometrie und die Kosten für OCT Anlagen bei gleichbleibender geometrischer Auflösung verkleinert. Die folgenden Bilder

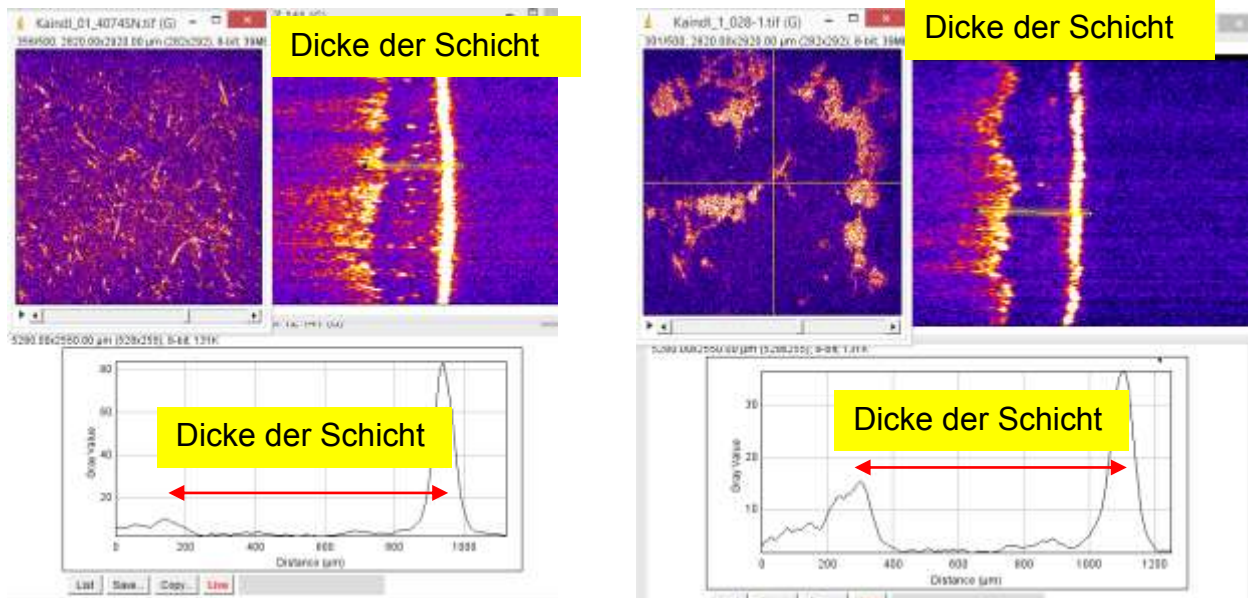
zeigen einen Querschnitt durch eine mit Partikel gefüllte Folie (oben links) eine Binde-schicht zwischen zwei Materialien (Bild unten links) und Mikrokanäle in einem MF- Chip.



Neue Messverfahren, verbunden mit moderner Produktionstechnologie, liefern Einblicke die bis anhin kaum denkbar waren.

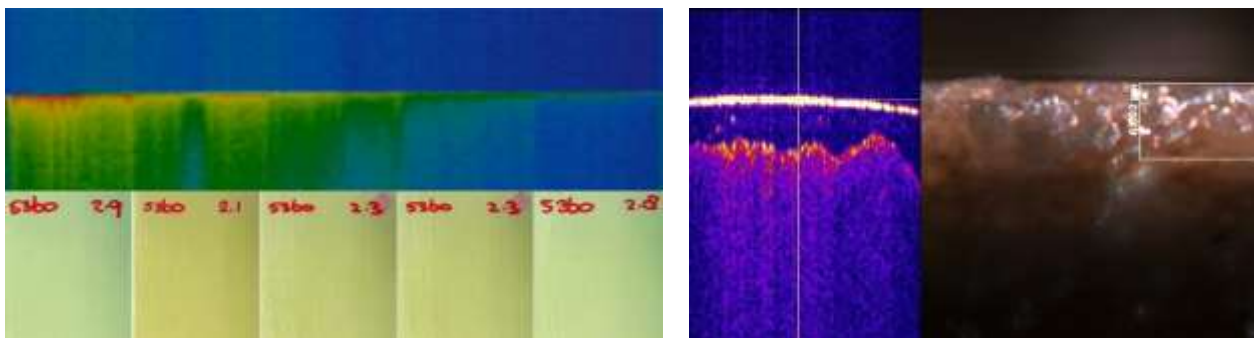
Die Verschleisschicht ist mit Korund oder Silizium partikeln gefüllt.

Messung der Lackdicke mit der optischen Tomografie. Die Signale sind vergrößert dargestellt und nicht kalibriert.



Beschichtung von Holz

Holzwerkstoffe vollflächig zu beschichten ist heikel, weil grosse Poren eine dickere Schicht erfordert, wodurch zwar eine unterbruchfreie Beschichtung gewährleistet ist, aber bei kleineren Poren zu viel Beschichtungsmaterial verbraucht wird. Aus wirtschaftlichen Gründen müssen qualitätsentscheidende Merkmale bereits in der Produktion erfasst und bewertet werden.



Die Resultate zeigen, dass die berührungslos ermittelte Schichtstärke mikroskopisch auch nachgewiesen werden konnte und sich die Ergebnisse deckten.



Schichtdicke: Wasseraufnahme:



23 – 51 μm \rightarrow 650 g/m^2



Schichtdicke: Wasseraufnahme:



40 – 57 μm \rightarrow 615 g/m^2



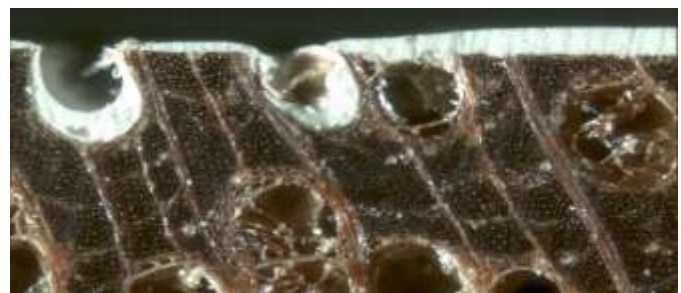
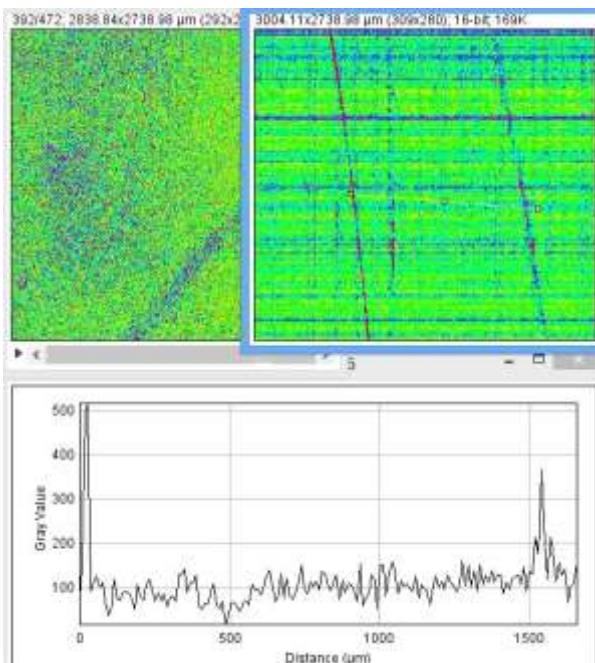
Schichtdicke: Wasseraufnahme:



143 – 160 μm \rightarrow 70 g/m^2

Beschichtung von Holzbauteilen (Sollschichtdicke 1000 μm)

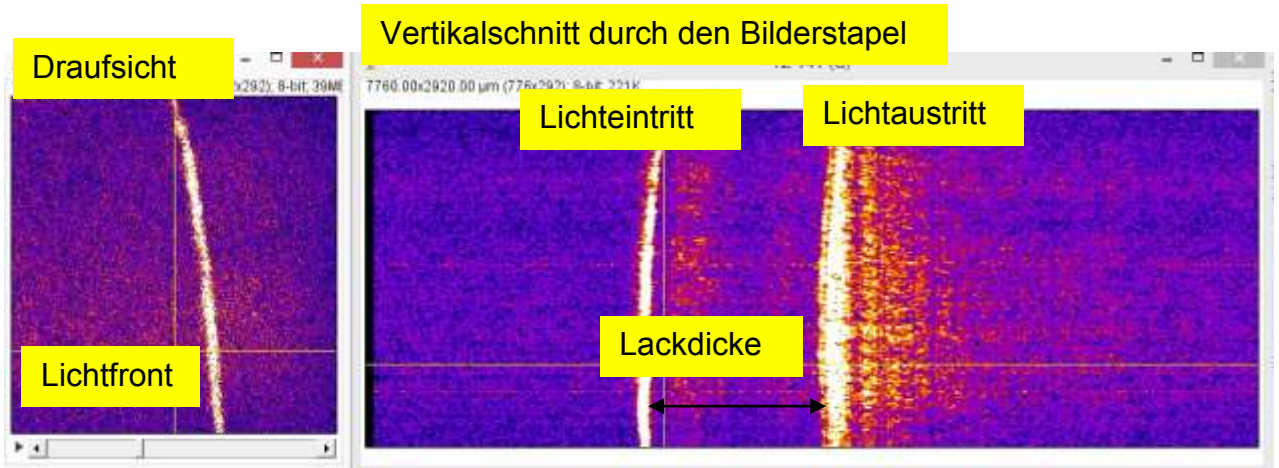
In der Schweiz entstehen pro Jahr Schäden an Bauteilen in der Höhe von vielen Milliarden Franken. Oft können diese Schäden durch eine richtige Beschichtung vermieden werden.



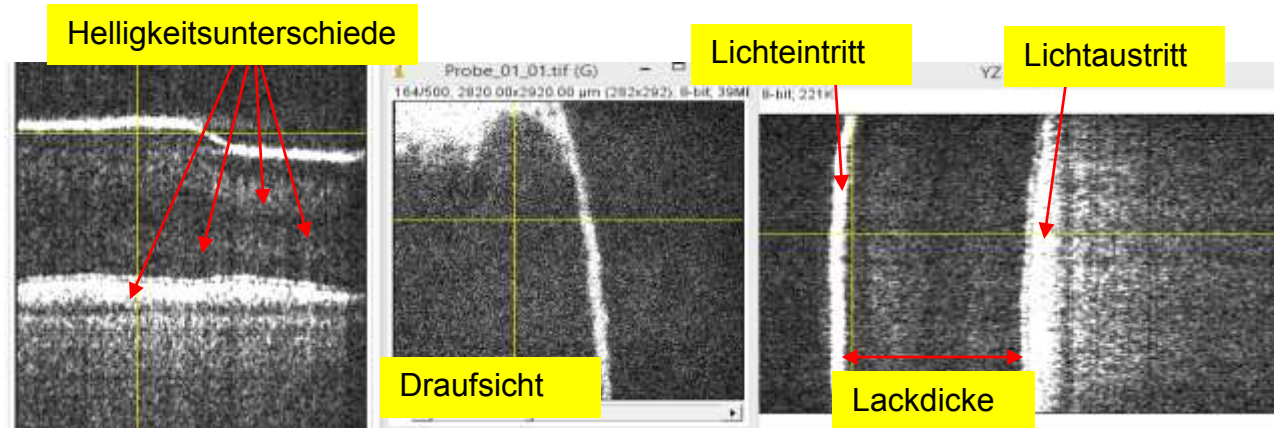
Mit modernen Prüfverfahren können heute die Haftung einer Schicht, die Schichtdicke oder auch die Oberfläche unter der Beschichtung zerstörungsfrei untersucht und charakterisiert werden.

Wird eine Fläche von 1000 m^2 beschichtet, wird aufgrund der an einem Objekt gemessenen Resultate 20% bis 50% mehr Material verbraucht als erforderlich.

Der Abstand von zwei Schichten kann direkt aus den Signalen gelesen werden.



Es macht den Anschein, dass die Beschichtung auf der Probe aus mehreren Lagen besteht. Die einzelnen Lagen sind klar identifizierbar.



Man erkennt, dass die Beschichtung (beachte SW Bild) aus mehreren Lagen besteht. Die Übergänge zwischen den Funktionsschichten erkennt man als „Helligkeitsunterschied“.

Bodenbeschichtungen

In der Folge sind einige unterschiedliche Bodenbeschichtungen im OCT Bild dargestellt. Die Dicke der Schichten und deren Anzahl ändern sich je nach Beschichtungssystem und den an die Beschichtung gestellten Anforderungen.

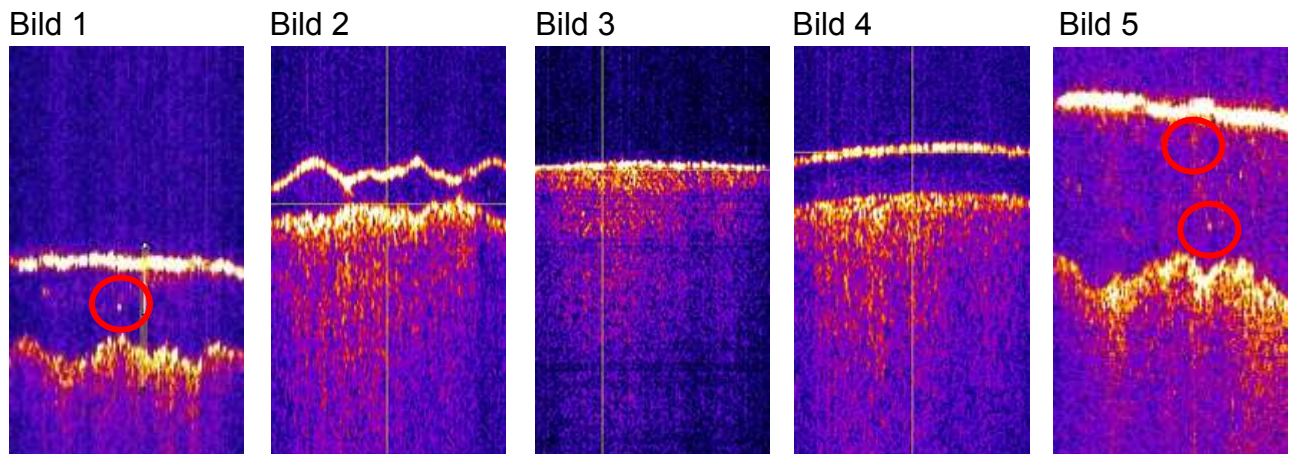


Bild 1 → Lackschicht mit eingebauten Korundpartikeln.

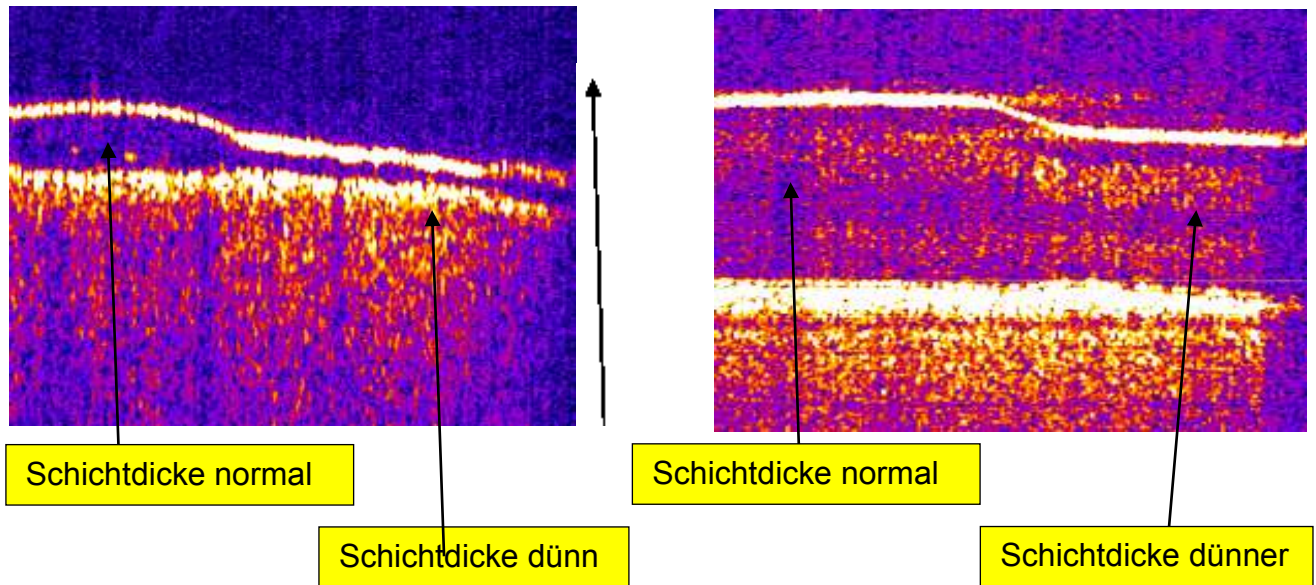
Bild 2 → Dünne Lackschicht auf einem Laminatboden mit feiner Kapillare.

Bild 3 → Kunststoffbeschichtung (Dicke 1 mm).

Bild 4 → MDF Plattenbeschichtung.

Bild 5 → Lackbeschichtung mit vielen Siliziumpartikeln.

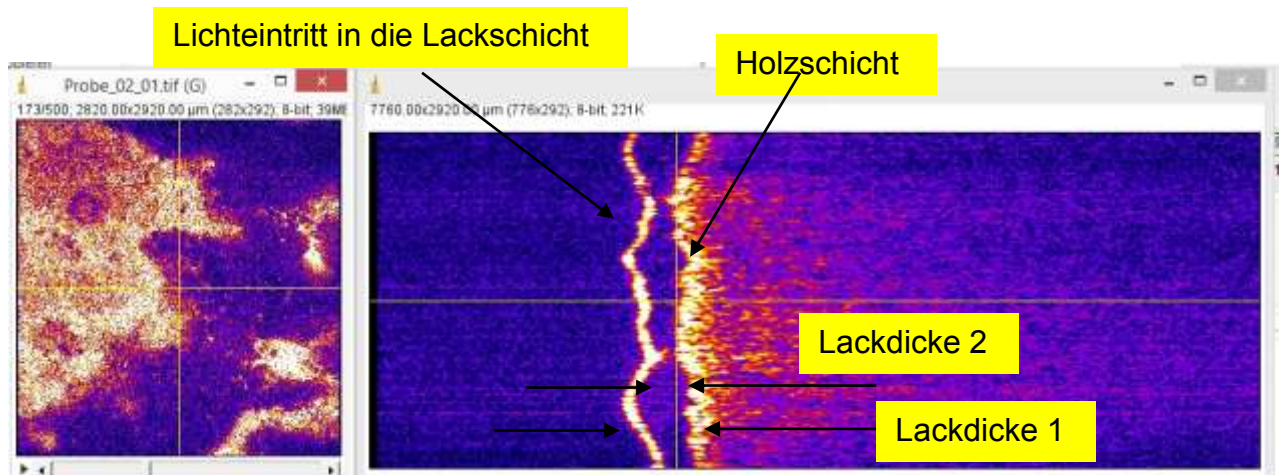
Die folgenden Resultate zeigen, wie unterschiedlich die Dicke einer Lackschicht auf einem Boden oder auf einer Oberfläche sein kann. Dünnstellen sind oft die neuralgischen Bereiche, in welchen die Schutzfunktion nicht mehr gewährleistet ist und Schäden beginnen.



Mit dem Grundsystem, des OCT Picolo werden transparente und semitransparente Schichten in kurzer Zeit zerstörungsfrei gemessen. Das Resultat ist die Dicke der Schicht in Mikrometer. Mit dem etwas gehobenen Standard des OCT Picolo Master können auch komplexere Schichten (Zementschlämme und andere nicht voll transparente Schichten) gemessen werden. Mit unseren Profisystemen messen wir auch Asphaltsschichten, die Dicke von Betonschichten, Tunnelbeschichtungen oder Pipeline- Beschichtungen.

Boden- Tank- Wannen- Dach und andere Beschichtungen

Laminat: Die Schichtdicke kann problemlos aus den Signalen herausgelesen werden.

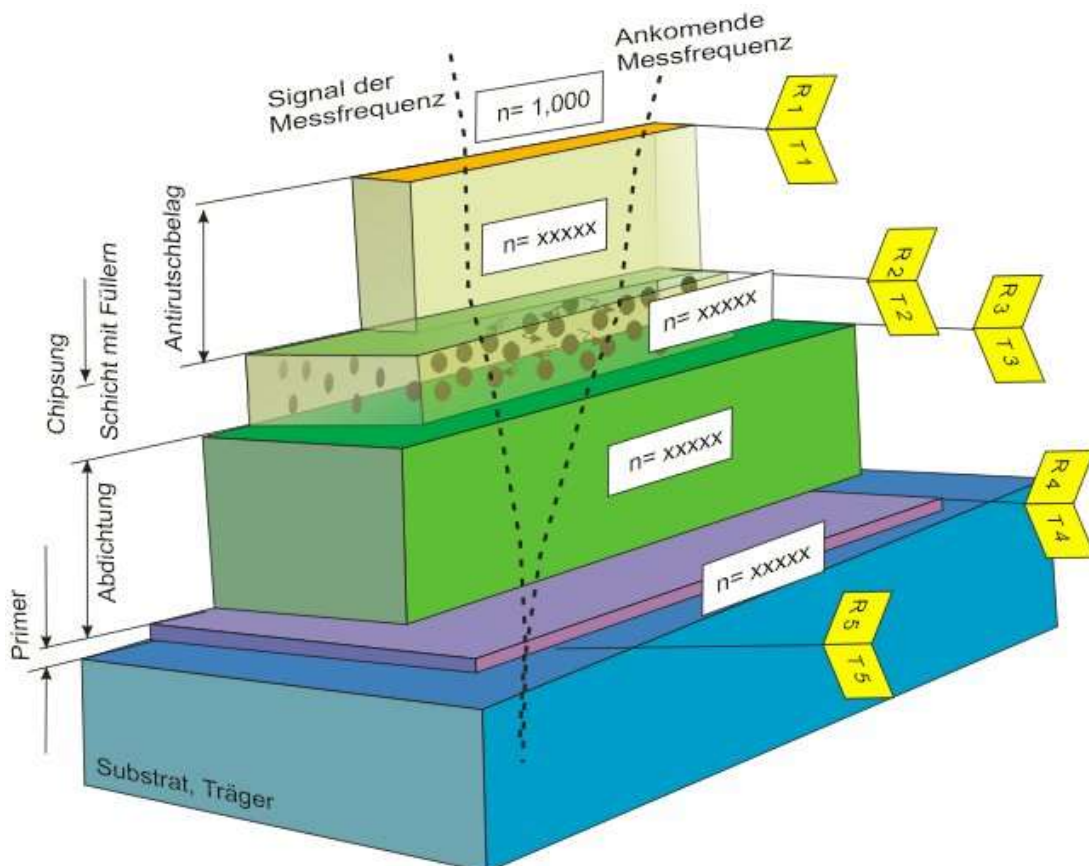


Proben zur Messung der Dicke der einzelnen Schichten

Die Proben im Schichtsystem sind wie folgt bezeichnet. In der Tabelle sind die rot eingetragenen Werte die aus den Signalen abgeleiteten Schichtdicken. (Unkalibriert)

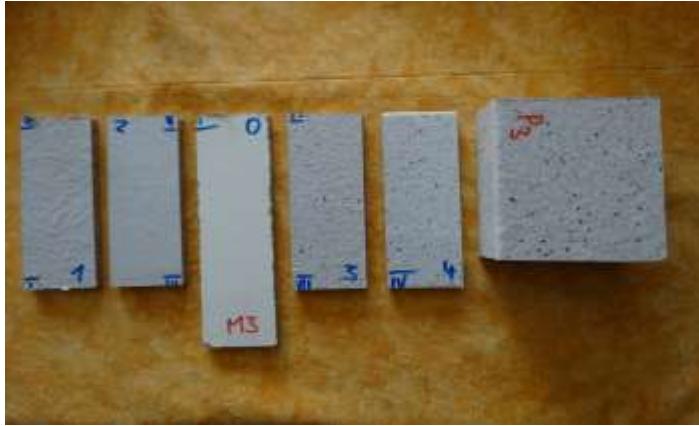
		Träger	Schicht	Material/m ²	Schichtsystem	Dicken
Probe 0	M3	Holz	Primer	0,17 mm	Sika Bonding	Sollwerte
Probe 1		Holz	Primer und Abdichtung mit Faser	1,38 mm	Sikaflor 405 mit Einlage Sika Reemat	Trockendicke min. 1,4 mm
Probe 2		Holz	Primer Abdichtung	1,5 mm	Sikaflor 405 mit Einlage Sika Reemat	Trockendicke min. 1,4 mm
Probe 3		Holz	Primer Abdichtung Chipsung	1,6 mm	Sikaflor 405 mit Einlage Sika Reemat, Sikafloor 405	Trockendicke min. 1,4 mm
Probe 4		Holz	Primer Abdichtung Chipsung Antirutsch	1,9 mm	Sikaflor 405 mit Einlage Sika Reemat, Sikafloor 405	Trockendicke min. 1,735 mm
Probe 5		Beton	Primer Abdichtung Chipsung Antirutsch	1,8 mm	Sikaflor 405 mit Einlage Sika Reemat, Sikafloor 405	Trockendicke min. 1,735 mm

Schichtaufbau:



Die auf Holz oder Beton aufgetragenen Schichten sind in der Tabelle (Oben) beschrieben und in der Grafik dargestellt. Die Messungen aller einzelnen Schichten ist mit zwei Messverfahren durchaus möglich. Die Messungen haben gezeigt, dass alle einzelnen Schichten gemessen werden können, dass sich das Verfahren nach dem eingesetzten Material richtet. Die Signale wurden nicht referenziert.

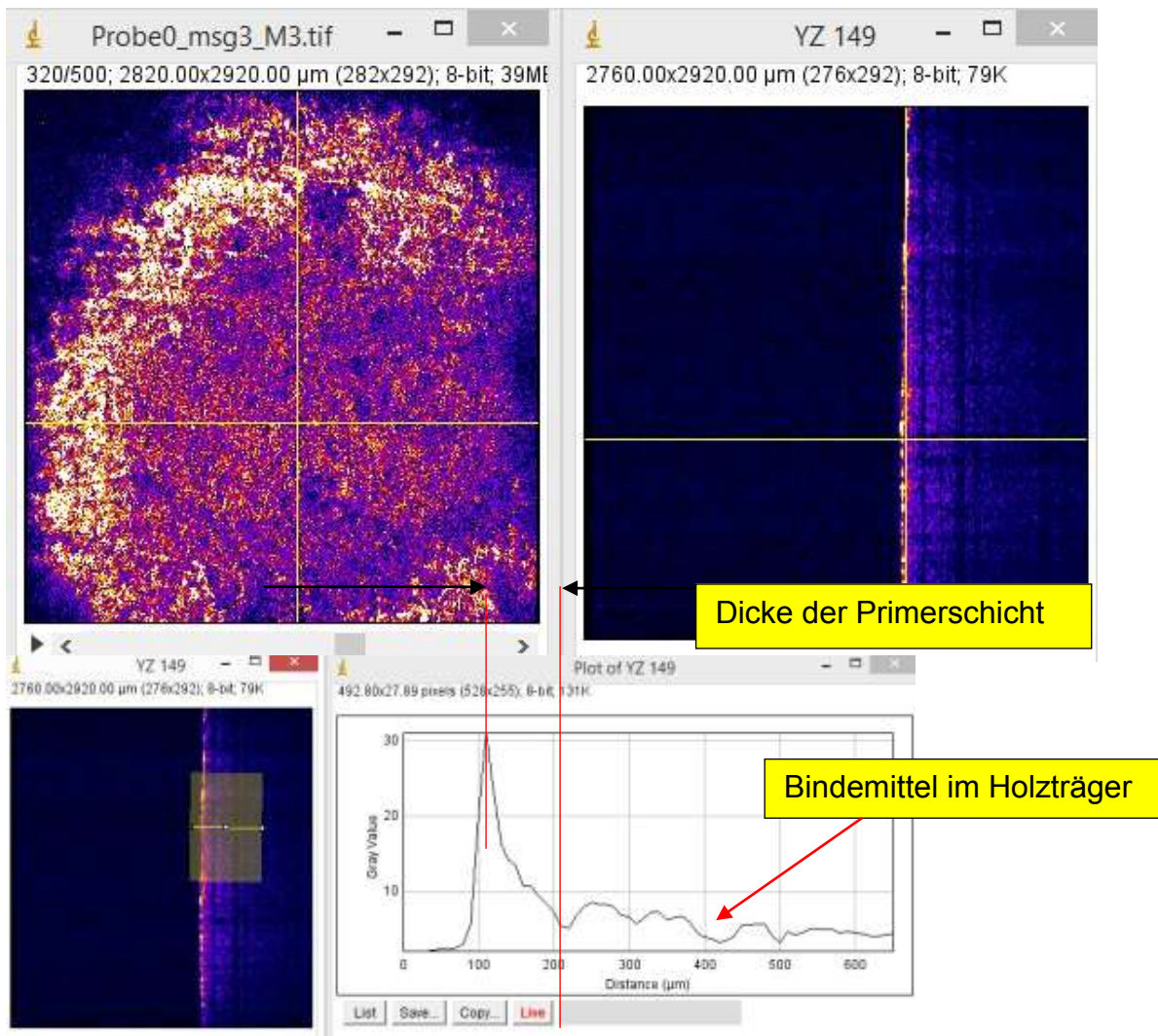
Proben und deren Bezeichnungen.



Aus den Testmessungen ist ersichtlich, dass die Schichten mit der Tomografie vermessen werden können.

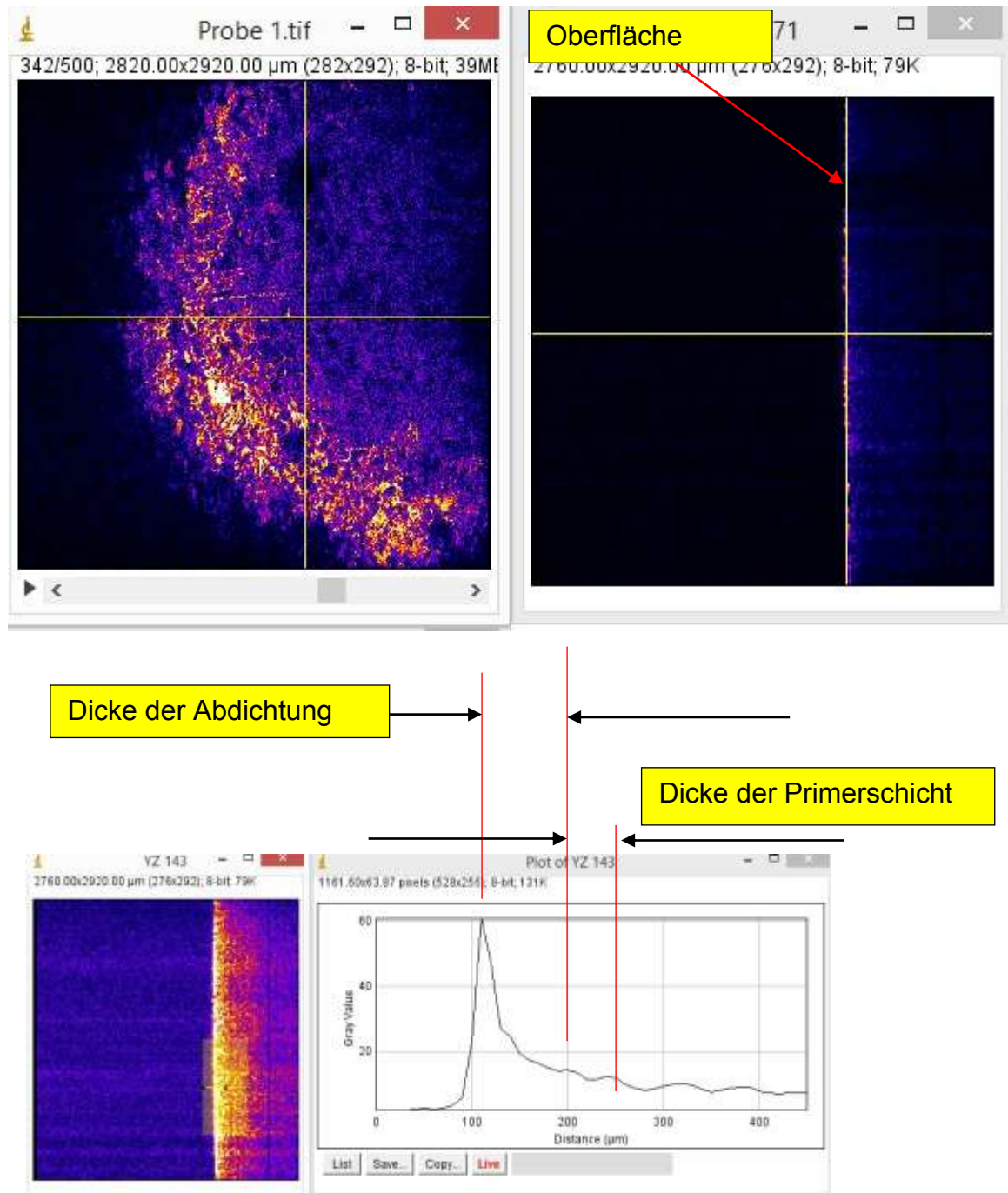
- Die Grundierung sowie die Abdichtung können als Einzelschichten gemessen werden.
- Die Schicht mit der Chipsung als Inhalt ist mit der Tomografie ebenfalls messbar.
- Die Antirutsch Beschichtung kann als Einzelschicht mit der Gesamtdicke gemessen werden.

Primerschicht



Das Resultat zeigt ein klares Verhalten der Signale auf der Primer- Oberfläche und der Rückseite der Schicht. Die nicht referenzierten Resultate sind Rohdaten, die mit den entsprechenden Algorithmen zur Berechnung der Schichtdicken eingesetzt werden. Bei anderen Materialien (Bitumen- oder Asphaltsschichten resp. Wasserschutzfilme) werden je nach Bedarf andere Quellen, aber das grundlegende Vergleichsverfahren eingesetzt.

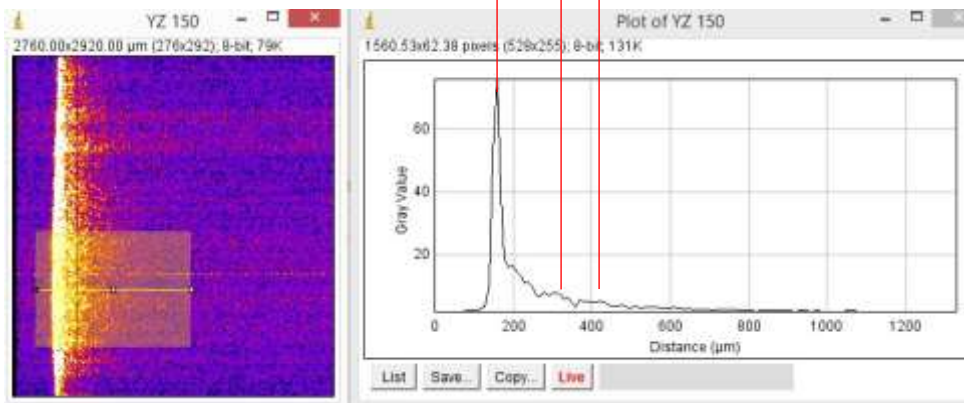
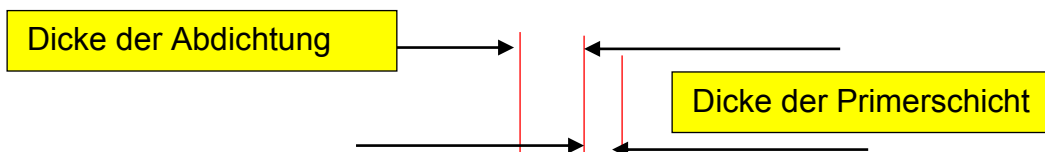
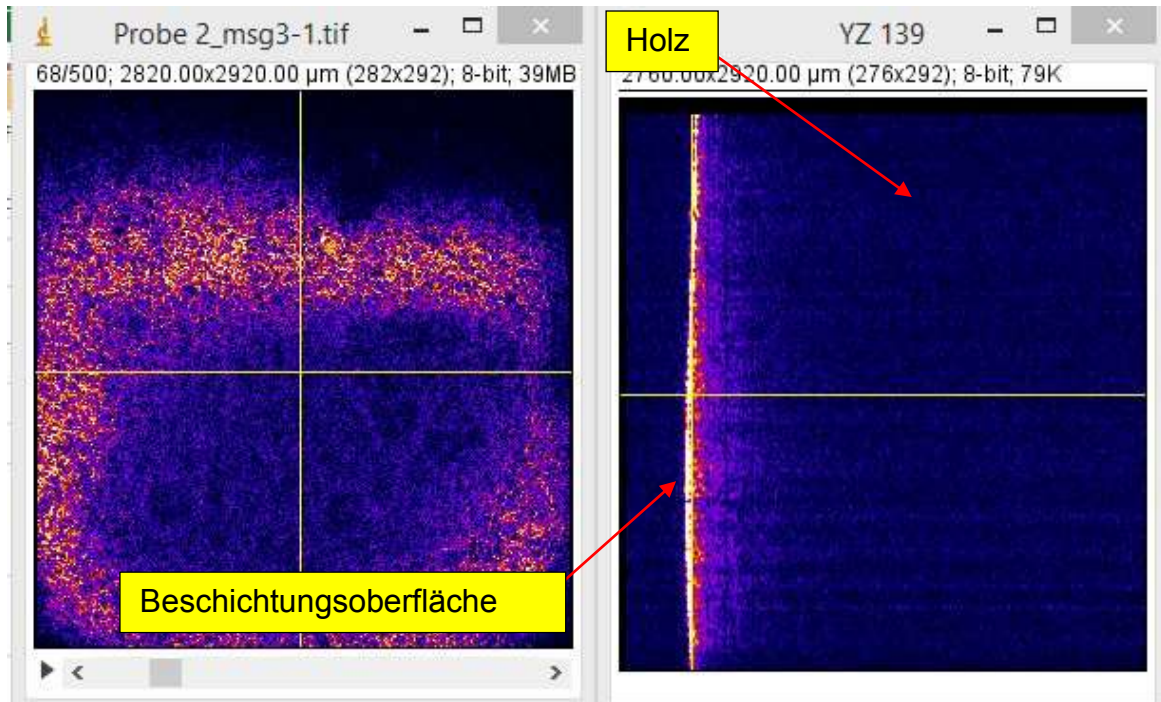
Probe 1, Fasergefüllte Abdichtung auf Holz



Die Resultate zeigen ein klares Verhalten der Signale an der Schichtgrenze zwischen der Primerschicht und der Abdichtung. Die Fasern im Material führen zu einer erhöhten Streuung der Signale.

Die nicht referenzierten Resultate sind Rohdaten, die mit den entsprechenden Algorithmen zur Berechnung der Schichtdicken eingesetzt werden. Bei anderen Materialien (Bitumen- oder Asphaltsschichten resp. Wasserschutzfilme) werden je nach Bedarf andere Quellen, aber das grundlegende Vergleichsverfahren eingesetzt.

Nicht gefüllte Abdichtung auf Holz

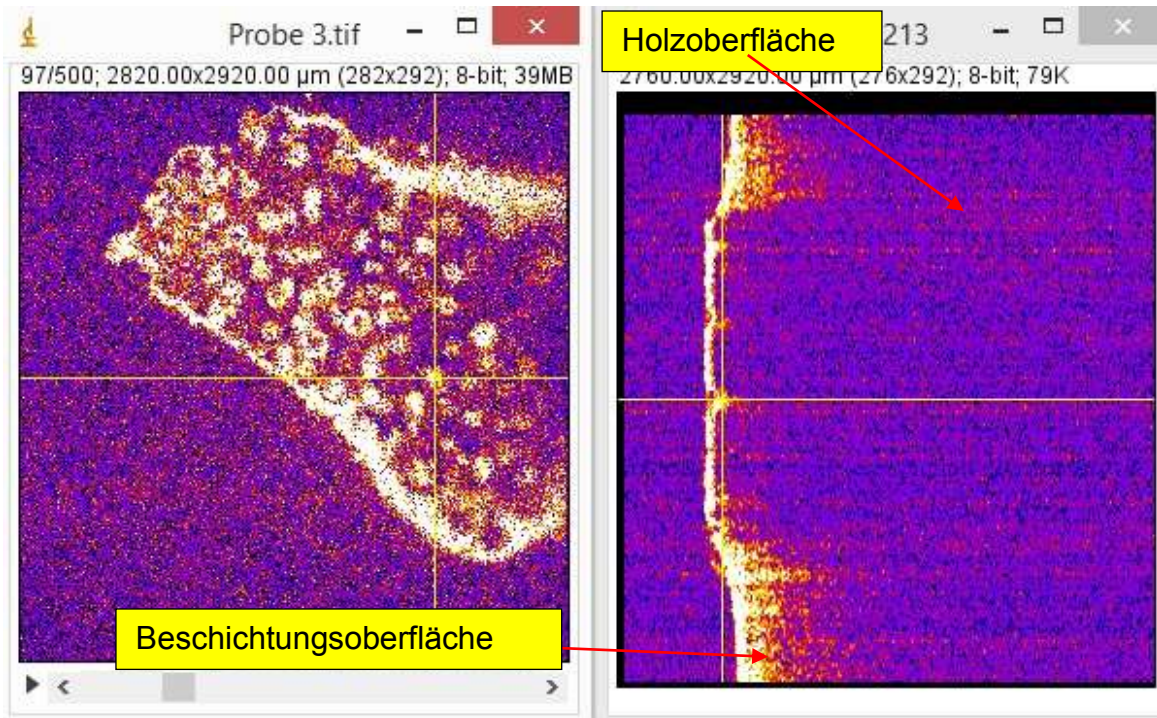


Die Resultate zeigen ein klares Verhalten der Signale an der Schichtgrenze zwischen der Abdichtung und dem Primer. An der fertigen Abdichtung ist die Primerschicht mit etwa 15 Mikrometern noch gut differenzierbar.

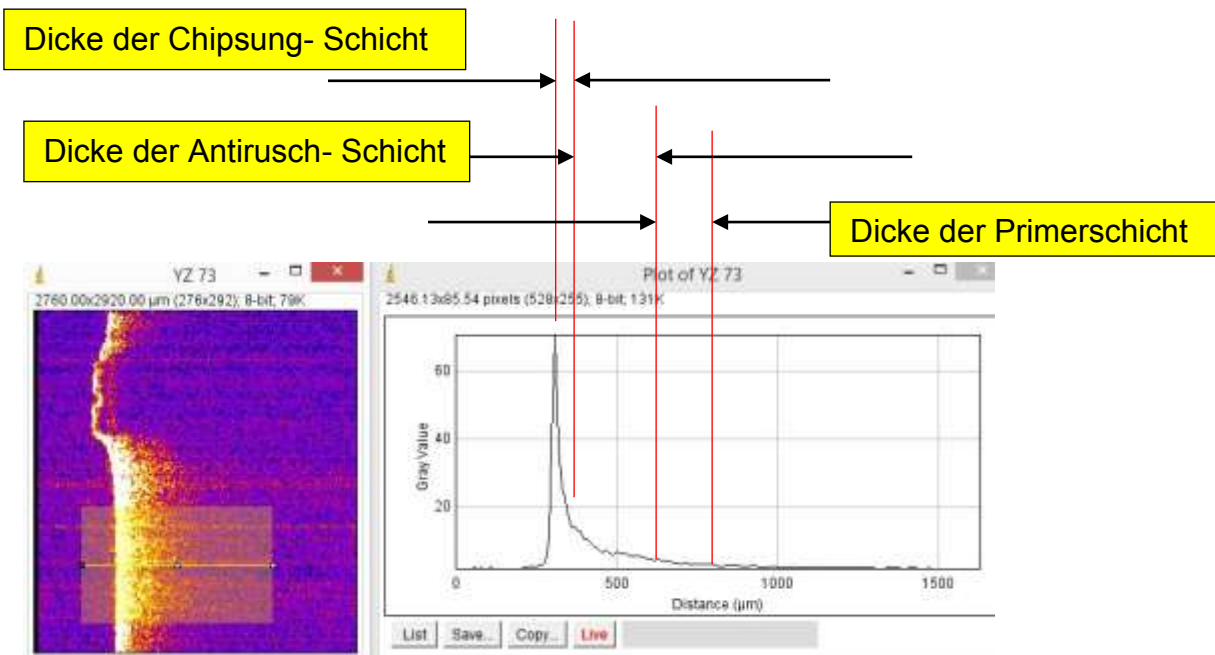
Die Resultate sind Rohdaten, die mit den entsprechenden Algorithmen zur Berechnung der Schichtdicken eingesetzt werden. Bei anderen Materialien (Bitumen- oder Asphaltsschichten resp. Wasserschutzfilme) werden je nach Bedarf andere Quellen, aber das grundlegende Vergleichsverfahren eingesetzt.

Der Masstab in der Grafik ist nicht kalibriert.

Schichtsystem mit Chipping



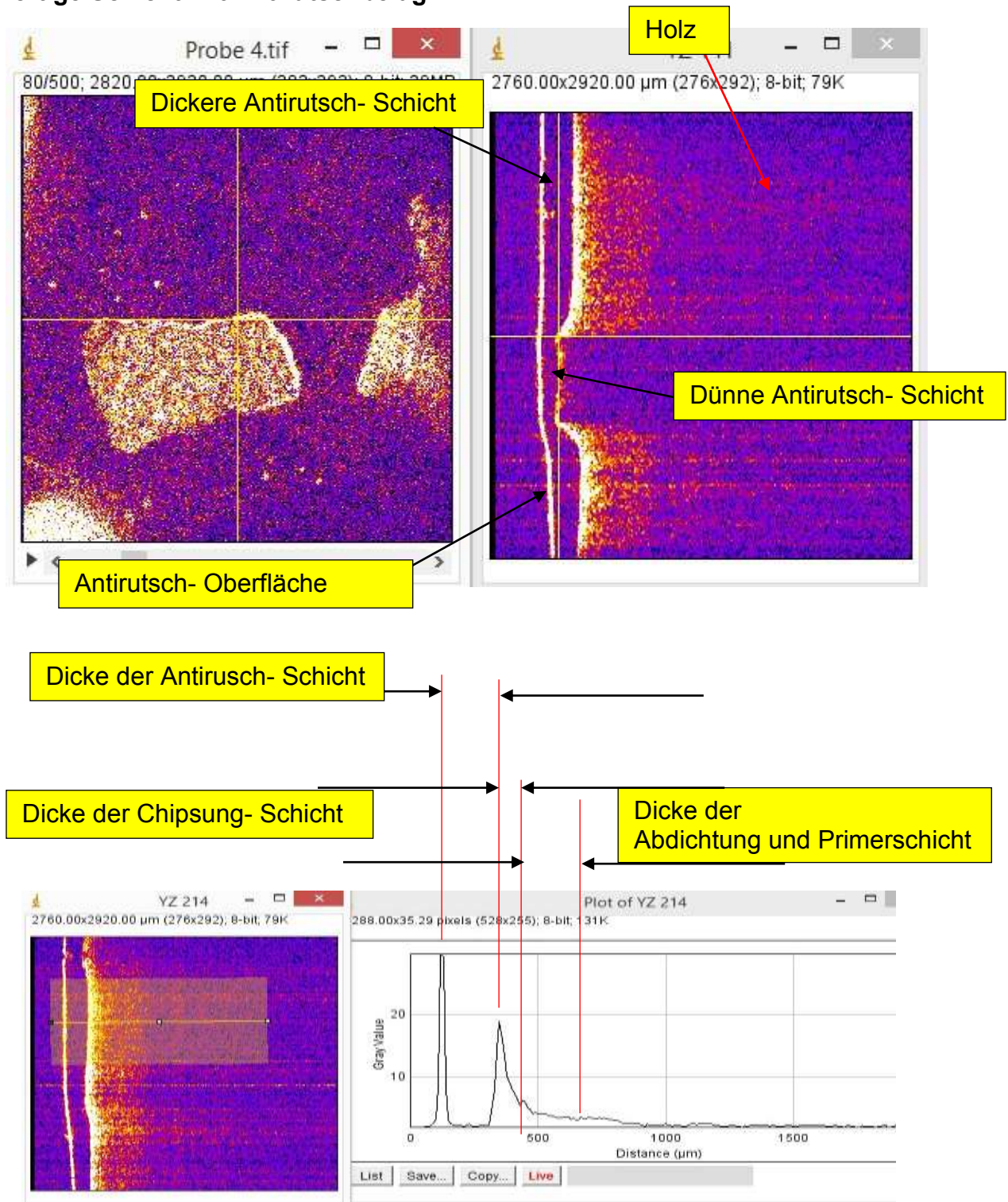
Das OCT Bild zeigt einen grossen Chips in der Schicht. Man beachte, dass hinter dem Chips „Schattenbildung“ erfolgt.



Die Resultate zeigen ein deutliches Verhalten der Signale an den Schichtgrenzen zwischen der Primerschicht und der Abdichtung sowie zwischen der Schicht ohne und mit Chipping. An der fertigen Schicht ist die Primerschicht mit etwa 15 Mikrometern nicht mehr klar differenzierbar.

Die nicht kalibrierten Resultate sind Rohdaten, die mit den entsprechenden Algorithmen zur Berechnung der Schichtdicken eingesetzt werden. Bei anderen Materialien (Bitumen- oder Asphaltsschichten resp. Wasserschutzfilme) werden je nach Bedarf andere Quellen, aber das grundlegende Vergleichsverfahren eingesetzt.

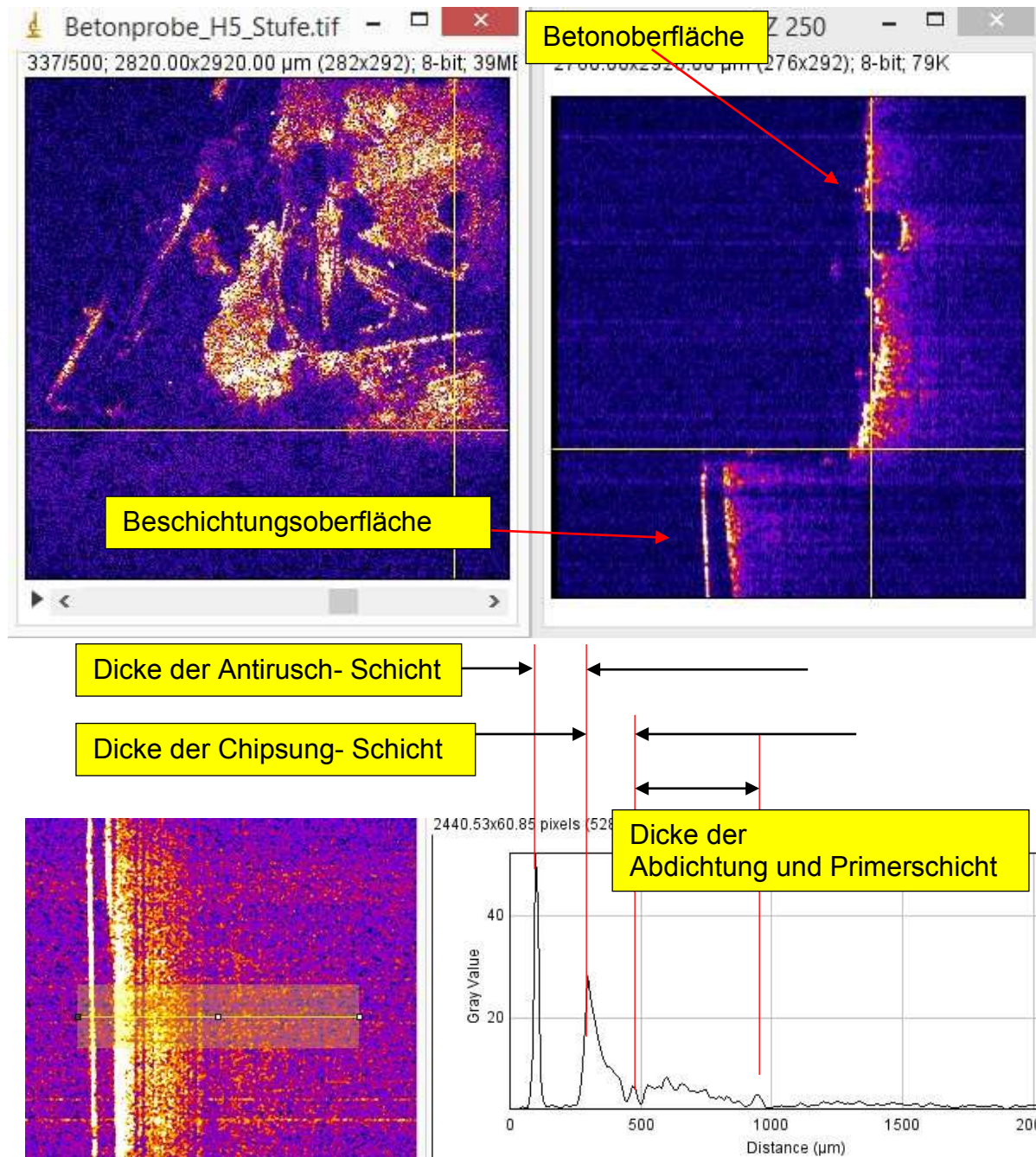
Fertige Schicht mit Antirutschbelag



Die Resultate zeigen die Signale an den Schichtgrenzen zwischen dem Antirutschbelag und der Chipsung- Schicht sowie die Abdichtung. Der Primer ist nicht mehr erkennbar. Die Begründung liegt in der grossen Rauheit des Trägers, der die Abgrenzung erschwert.

Die nicht kalibrierten Resultate sind Rohdaten, die mit den entsprechenden Algorithmen zur Berechnung der Schichtdicken verwendet werden müssen. Bei anderen Materialien (Bitumen- oder Asphaltsschichten resp. Wasserschutzfilme) werden je nach Bedarf andere Quellen oder andere Algorithmen aber am gleichen Vergleichsverfahren eingesetzt.

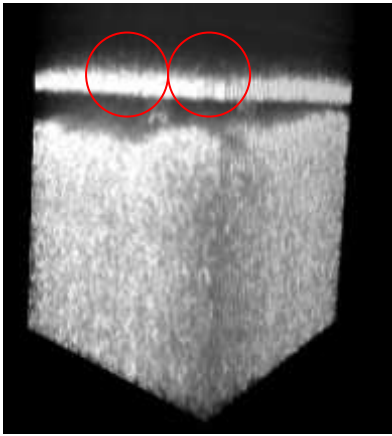
Beschichteter Beton



Die Resultate zeigen ein klares Verhalten der Signale an den Schichtgrenzen. An der fertigen Schicht ist die Primerschicht mit etwa 15 Mikrometer nicht klar differenzierbar. Die Begründung liegt in der grossen Rauheit des Trägers, der die Abgrenzung erschwert.

Messung der Materialpenetration auf porösen Trägern

Ein poröser Festkörper besitzt eine äussere sichtbare und eine innere nicht sichtbare Oberfläche. Je poröser ein Festkörper ist, umso grösser ist die innere Oberfläche. Dabei können verschiedene Typen von Poren auftreten: durchgängige Poren, Poren mit unterschiedlicher Geometrie, Schlitzporen, Zylinderporen, hexagonale Poren, kubische Poren. Mit dem OCT Verfahren steht erstmals eine Methode zur Verfügung, mit der die Adsorption von Flüssigkeiten ausgenutzt werden kann, um einen Schutzanstrich für poröse Bauteile zu dimensionieren (Klinker, Sandstein, Schaumbeton, Bricks, Fassadenpanels oder Steine aller Art).



Das OCT Tomogramm zeigt eine Beschichtung, an der „Durchbrüche“ zwischen dem Träger und der Beschichtung bestehen (rote Kreise). Die Durchbrüche lassen Wasser eindringen, das zur Ablösung der Beschichtung führen kann. Die Dicke der Beschichtung ist sehr unterschiedlich. Die Applikation einer Bauteilbeschichtung erfordert fundiertes Wissen über das Verhalten des zu verarbeitenden Beschichtungsmaterials und dem Träger, damit die erwartete Funktion „Schutz-, Farbgebung“ auch nachhaltig erfüllt wird.

Die Eigenschaften eines Schutz- oder Anstrichsystems müssen deshalb dem Produkt, das bearbeitet werden, soll möglichst nahe kommen und auf einfache Art und Weise eine haltbare „Verschleisschicht“ bilden. Der Träger wird stabilisiert, um die Oberfläche ohne grössere Veränderung widerstandsfähig gegen alle Einflüsse zu machen und die Lichtehttheit oder die Farbbrillanz über Jahrzehnte gewährleistet ist. Die Porosität und die Oberflächenbeschaffenheit sowie das Verhalten des Beschichtungsmaterials auf dem Material sind deshalb wichtig.

Träger

Oberflächenrauheit

Beschichtung

Oberflächenrauheit

Oberfläche

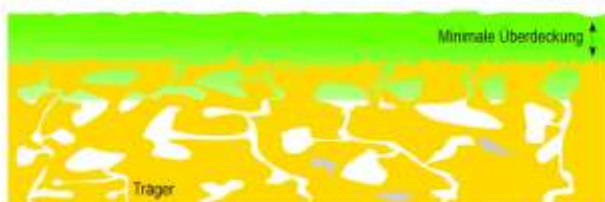


Das Material hat Poren, die in sich geschlossen oder im Innern miteinander verbunden sind. Dies ist beim Aufbringen einer Schutz- oder farbgebenden Schicht zu beachten. Beim Beschichten einer porösen Oberfläche dringen Lösemittel, Haftvermittler und die Wirkstoffe mehr oder weniger tief in das poröse Material ein. Um die Porosität der unbekanntenen Oberfläche zu charakterisieren wird das OCT Verfahren eingesetzt, das den Einfluss der Porosität über das Eindringverhalten des Beschichtungsmaterials charakterisiert. Der Anstrich ist nach den gewünschten Anforderungen (Farbkraft, Schutzfunktion, Diffusionsfähigkeit) zusammengestellt.

Träger
Oberflächenrauheit

Beschichtung
Oberflächenrauheit

Oberfläche



Träger

Oberflächenrauheit

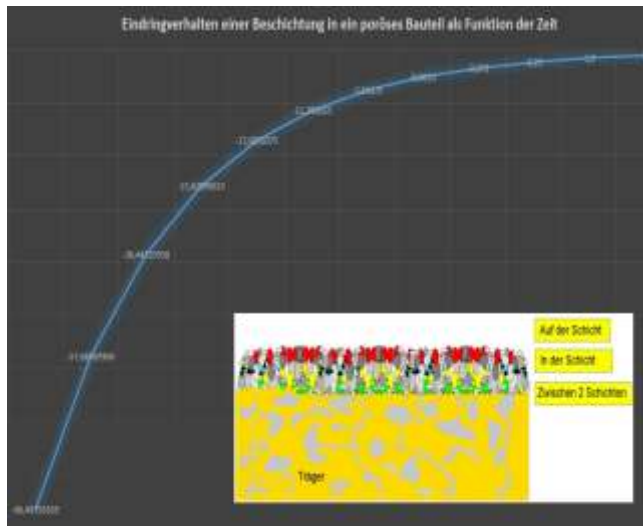
Beschichtung
Oberflächenrauheit

Oberfläche



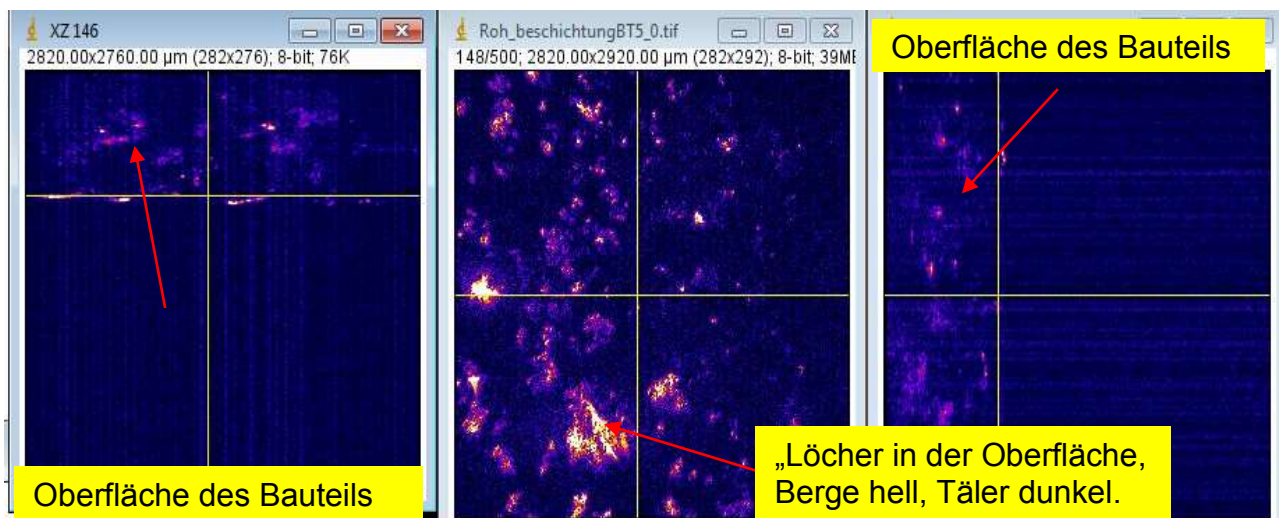
Die Kurve gibt Auskunft über das Eindringverhalten eines Beschichtungsmaterials in das Bauteil. Ist die Penetration abgeschlossen, haben sich die Poren im Übergang der

zwei Schichten (Beschichtungsmaterial und Beschichtungsträger) mit Feinstpartikeln und dem Haftstoff gefüllt.



Es spielt keine Rolle ob Sie ein Dach beschichten, einen Boden, Formen oder Kavitäten. In jedem Falle dienen OCT Messungen der Porosität zur korrekten Auslegung von Grundierungen und von Beschichtungsmaterial und zur Messung der effektiv aufgetragenen Schichten, ohne das Bauteil zerstören zu müssen.

Rauhe Oberflächen weisen „Löcher“ in der Oberfläche auf, die oft mehr als 100 Mikrometer tief sind. Um an solchen Produkten die Dicke einer Beschichtung zuverlässig zu messen, müssen die „Täler“ im Substrat und die „Berge“ bekannt sein.



Durch das Aufbringen der Beschichtung ergibt sich ein Höhenprofil, das sich aufgrund des Penetrationsverhaltens zeitlich verändert.

- Das Eindringverhalten des Beschichtungsmaterials wird ohne Berührung festgestellt.
- Ist die Penetration abgeschlossen lässt sich die Schichtdicke die auf dem Substrat liegt und die Dicke der eingedrungenen Schicht ermitteln.
- Minimale Überdeckung der „Berge“ oder der „Täler“ auf dem Objekt.
- Maximale Überdeckung der „Berge“ oder der „Täler“ auf dem Objekt.
- Mittlere Schichtdicke der „Berge“ oder der „Täler“ auf dem Objekt.

Aus den Messungen ergibt sich das „Einsinkverhalten“ einer Beschichtung. Die erste Messung liefert die Oberfläche der Beschichtung. Die folgenden Messungen zeigen jeweils die Oberfläche der Beschichtung, deren Lage sich aufgrund des Eindringens des

Beschichtungsmaterials in den Sandkern verändert. Diese Veränderung wird gemessen und dient zur Ermittlung der Schicht zur Basisschicht.

Dachbeschichtungen

Eine Dachbeschichtung bietet einen optimalen Schutz, bildet einen Feuchte- oder Wärmespeicher und bietet sich auch als „Naherholungsraum“ an. Ein Hausdach ist wechselhaften Witterungseinflüssen ausgesetzt. An sonnigen Tagen werden hohe Temperaturen erreicht, in der Nacht aber fallen die Temperaturen bis unter den Gefrierpunkt. In diesen Fällen bietet eine Dachbeschichtung Schutz wodurch die Lebensdauer erhöht und der Komfort gesteigert wird.

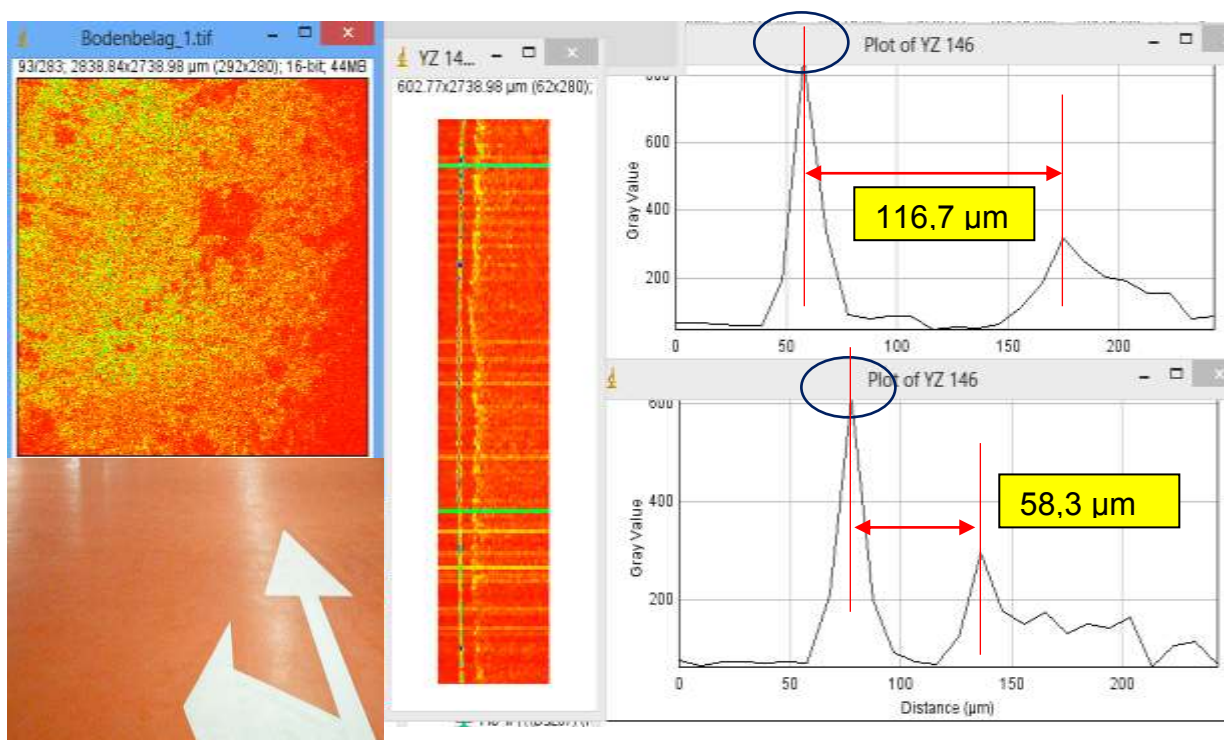
Bodenbeschichtungen

Beschichtungen auf Estrich, Beton, Sandstein oder Klinker müssen beständig sein gegen Lösungsmittel, Mineralöl, Säuren oder Laugen. Die Beschichtung soll zudem stoss-, schlag-, abrieb- oder kratzfest sein und ästhetische Ansprüche erfüllen. Heute können alle Farben auf Wunsch ab einer Menge von 100 kg hergestellt und geliefert einfach verarbeitet werden. "Flexible Farbchips" werden in der gewünschten Farbe und Ausführung ausgestreut und auf einen bestehenden Boden aufgebracht, wodurch ein neues attraktives Bild entsteht. Vor der Neubeschichtung eines Bodens muss jedoch der Untergrund bekannt sein, damit die Grundierung als Verbindung zwischen dem bestehenden Bauteil und der Beschichtung aus Klinker oder Stein auch richtig zusammengestellt werden kann.

Epoxidharzbeschichtung auf einem Bodenbelag

Ob die Dicke der Beschichtung auf einem Bodenbelag gemessen werden muss oder auf einem Bauteil aus Stein oder Kunststoff spielt keine Rolle.

Die von uns eingesetzten Verfahren erlauben die Messung der Schichtdicke und die Charakterisierung der Haftung auf allen Oberflächen.



Die Dicke des Bodenbelags liegt zwischen 58,5 µm und 116,7 Die Dicke wird zerstörungsfrei gemessen und kann grossflächig kartiert werden. Mit dem OCT

Verfahren werden die Eigenschaften des Untergrundes bestimmt und das Eindringverhalten der Grundierung respektive der Beschichtung messtechnisch erfasst.

Beschichtungen im Tunnel oder an Kühltürmen

Zur zerstörungsfreien Messung der Dicke einer Beschichtung oder deren Haftung auf dem Untergrund bieten wir verschiedene Verfahren an:

- PTRT- Messkopf (Photothermisches Verfahren)
- Radar (Dielektrizität)
- OCT-Messeinrichtung (Lichtlaufzeitmessung)
- Dickenmessung mit Dipol- und Impedanzverfahren
- Mikrowellenresonator-Sensor
- Ultraschall-Messverfahren

Heute werden Dickenunterschiede oder Loslösungen einer Schicht vom Träger berührungslos und zerstörungsfrei gemessen. Sei es an einem Kühlturm, in einem Druckrohr einer Turbinenzuleitung oder in einem Tunnel, die Dicke einer Beschichtung erfolgt schnell, berührungslos und zerstörungsfrei. Die Haltbarkeit eines Anstriches oder einer Beschichtung hängt entscheidend vom Zustand des Untergrundes ab.

Dabei sind alle Beschichtungssysteme die übereinander liegen gemeint. Beim PTRT Verfahren spielt es keine Rolle ob die Beschichtung organisch oder metallisch ist. (Imprägnierung oder Primerschicht, Hydrophobierung, Funktionsschicht, Korrosionsschutzschicht, Harze oder Lacke).



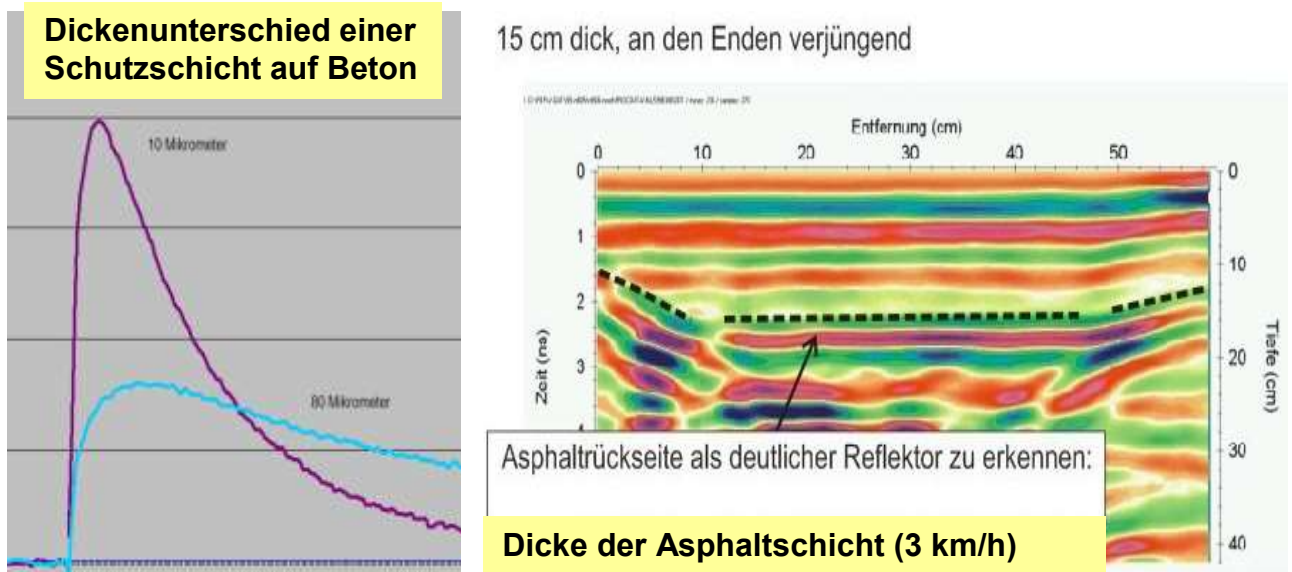
Messen der Dicke einer Beton- oder Asphaltsschicht

Die Dicke einer Betonschicht, die Tiefenlage von Bewehrungen oder von Spannkabeln, die Dicke einer Asphaltsschicht oder auch einer Kunstharzschicht messen wir zerstörungsfrei. Die von uns eingesetzten Verfahren sind mobil einsetzbar und ermöglichen den Nachweis gestellter Anforderungen. Wir messen die Dicke ab wenigen Mikrometern bis weit über 50 cm.

Vor der Beauftragung zur Instandsetzung eines Asphaltbelags stellt sich immer wieder die Frage wie dick die Asphaltsschicht eigentlich ist, weil Dickenunterschiede zu nicht kalkulierten Mehraufwänden führen.

Mit dem von uns angewendeten Verfahren kann die Dicke von Asphaltsschichten mit Schrittgeschwindigkeit völlig zerstörungsfrei erfasst werden. Aus den Messdaten wird

auch die Dicke der Einzelschichten extrahiert, was dem Unternehmer sogar erlaubt, die Schichten nach Qualitätskriterien abzutragen.



Zerstörungsfrei werden erkannt:

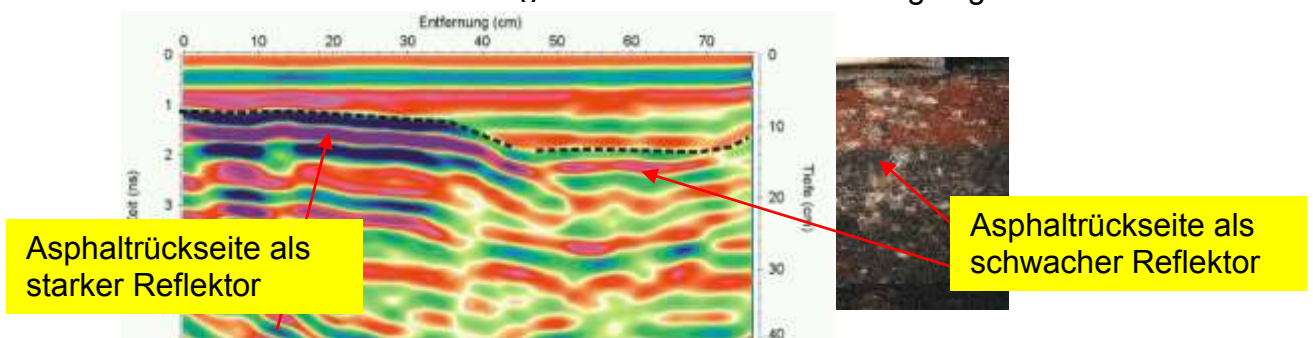
- Loslösungen zwischen dem Asphaltbelag und einer Tragschicht
- Dicke einzelner Schichten auch bei mehrschichtigem Aufbau
- Dickenunterschieden in Asphaltsschichten

Die Verfahren arbeiten berührungslos und nutzen Unterschiede in den thermischen, elektrischen oder mechanischen Eigenschaften des zu untersuchenden Materials.



Georadar, Mikrowellen und Goelektrik

Dieser Asphalt ist dreischichtig aufgebaut. Durch die Messung der Dicke der einzelnen Schichten können diese selektiv ausgebaut und der Aufbereitung zugeführt werden.

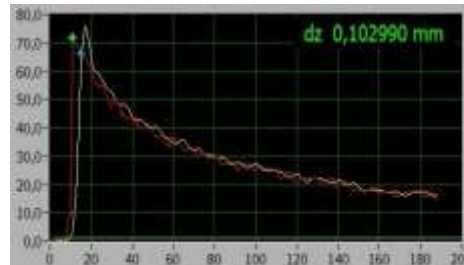


Die wertnahe Trennung der Schichten bereits auf dem Bauplatz bedeutet eine hohe Effizienzsteigerung. Die Messungen erfolgen zerstörungsfrei und können auch großflächig angewendet werden. Die Vorteile für alle am Bau Beteiligten liegen auf der

Hand. Jeder kann damit seine Arbeiten besser planen und terminlich unter Kontrolle halten.

Beschichtung „Aluminium auf Stahl“ oder „Stahl auf Stahl“

Metalloberflächen brauchen einen guten Oberflächenschutz, weil diese sonst durch Witterungseinflüsse zerstört werden. Was ist, wenn die Schutzschicht aufgebracht ist?

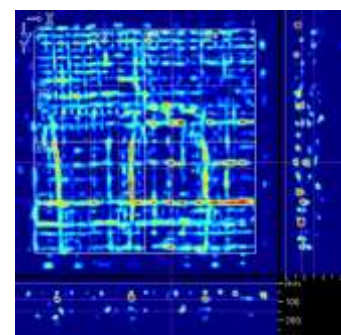
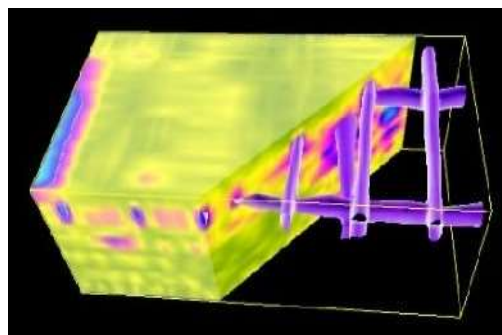
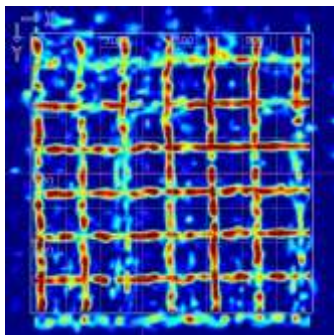


Die photometrische oder die photometrische Schichtdickenmessung arbeitet berührungslos und gehört zu den zerstörungsfreien Verfahren.

Mit der Messung der Schichtdicke ist auch die Haftung der Schicht auf dem Untergrund feststellbar. Im Bild links ist die Beschichtung der Schaufel einer Kaplan turbine dargestellt. Bei den Messungen wurde der Verschleiss an der Beschichtung ermittelt. Unterschiede im Bereich von 10 µm werden sicher erkannt.

Einblick in Beton

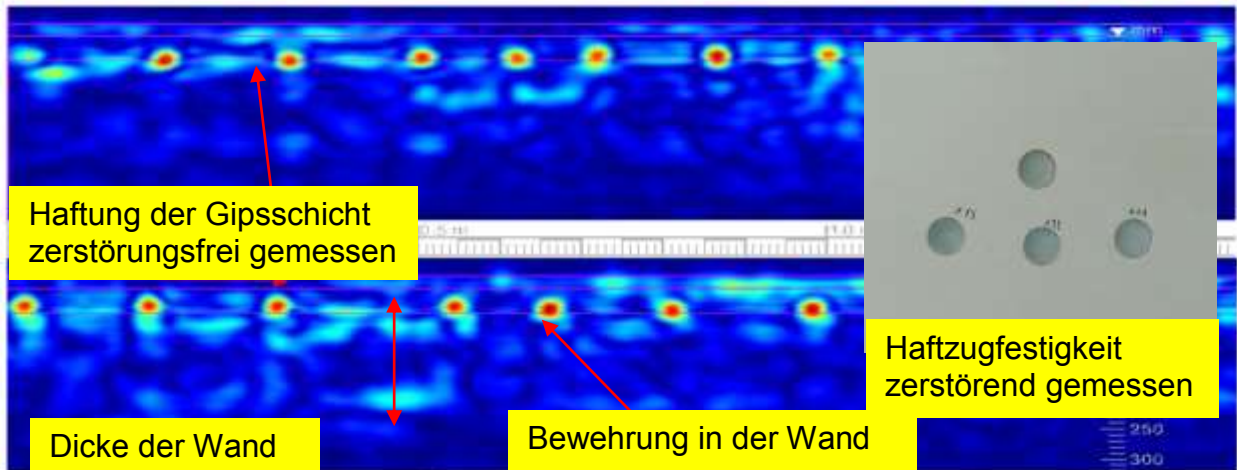
Mit dem Radarverfahren und ergänzenden Methoden schauen wir Schicht für Schicht in eine Baukonstruktion hinein. Der Verlauf von Bewehrungsstäben, Spanngliedern, Ankerköpfen, Metall-, Beton, Plastik- oder Elektroleitungen sowie auch Computerkabeln werden selbst auf grossen Untersuchungsflächen in kurzer Zeit sichtbar gemacht.



Messung der Dicke und der Haftung einer Gips-Verputz-Schicht

Um Schäden an verputzten Gipswänden zu vermeiden, sind die Haftzugfestigkeit und die Dicke der Gipschicht wichtig. In vielen Fällen werden diese zwei entscheidenden Kriterien nicht überprüft. Werden die minimalen Anforderungen an die Dicke der

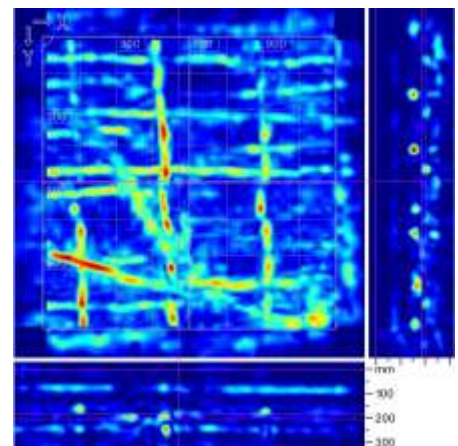
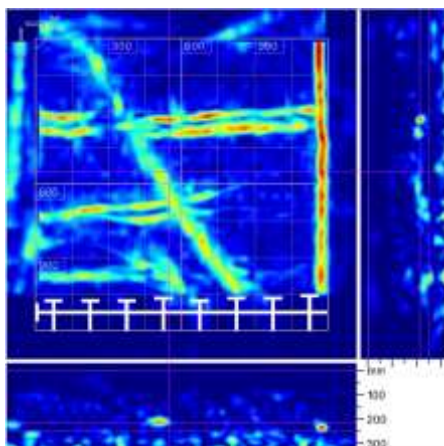
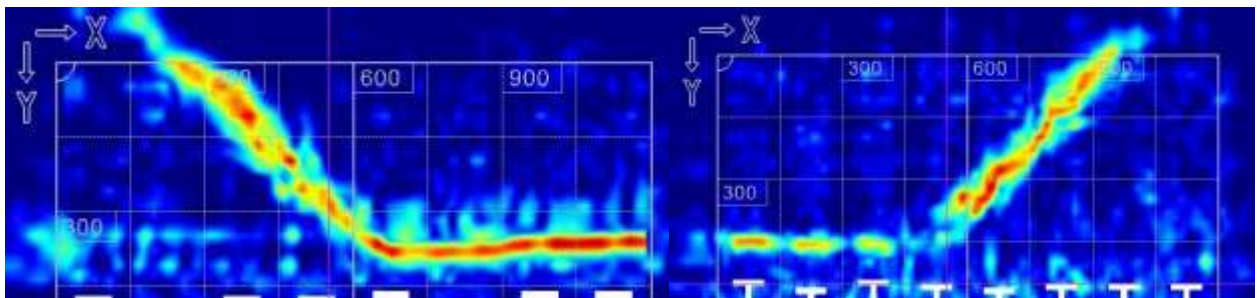
Gipsschicht oder an die Haftzugfestigkeit nicht eingehalten, kann dies zu Schäden führen, d.h. dass sich Risse im Verputz bilden oder dass sich der Verputz ablöst.



Die Dicke einer Gipsschicht sowie Haftungsfehler oder Feuchtigkeit werden direkt am Objekt zerstörungsfrei festgestellt und gemessen. Gleichzeitig werden auch der Wandaufbau, eingebaute Leitungen oder Bewehrungen sichtbar.

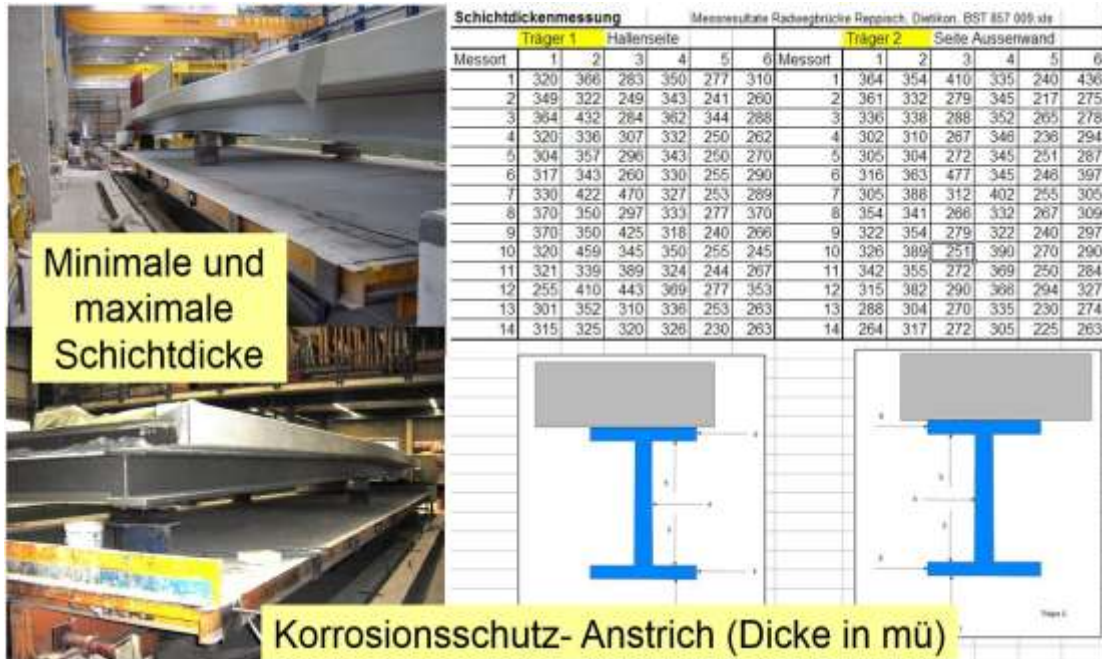


Die verschiedenen Verfahren werden der Aufgabenstellung angepasst. Neben PTR Verfahren werden Radar, Geoelektrik oder Ultraschall sowie interferometrische Verfahren eingesetzt. Oben sind das PTR-, Radar- und Interferometergerät dargestellt.



Korrosionsbeschichtung auf einem Stahlträger

Bei befahrenen **Brücken** wird aus Sicherheitsgründen Tausalz gestreut. Damit die Tausalze nicht zu Korrosion führen, wird eine Abdichtung eingebracht oder das Bauteil wird beschichtet. Die Vermessung der Dicke einer Beschichtung erfolgt berührungslos. Aus den Messdaten wird ein Messprotokoll erstellt das dem Unternehmer oder dem Auftraggeber als Dokument zum Nachweis der erbrachten oder geforderten Leistung dient. Die Vermessung der Schichtdicke erfolgt berührungslos.



Aus den Messdaten wird das Messprotokoll erstellt das dem Unternehmer oder dem Auftraggeber als Dokument zum Nachweis der erbrachten Leistung dient.

Berührungslos und schnell

Sind Beschichtungen auf einem Bauteil aufgebracht stellen sich immer wieder die gleichen Fragen:

- Wie gut haftet die Schicht auf dem Untergrund?
- Wie dick ist die Schicht?
- Ist die Verteilung der Schicht homogen oder nicht?
- Wie stark ist die Schicht in das Bauteil eingedrungen?

Vorteile die allen Beteiligten Nutzen bringen:

Wir helfen mit, dass höchste Ansprüche an die Schichtdicke und an die Qualität einer Beschichtung nachgewiesen und dokumentiert werden können.

- Nachweis der gleichbleibenden Beschichtungsqualität!
- Optimaler Rohstoffeinsatz bei minimalen Rohstoff- und Verarbeitungskosten!
- Dokumentation zur Gewährleistung geforderter Ansprüche!

Es können festgestellt werden:

- Dicke einer Bitumenschicht
- Dicke von Lackschichten

- Loslösung einer Schicht
- Unregelmässige Dichte eines Baustoffes
- Einbetonierte Bewehrung
- Auswaschungen oder Hohlräume unter der Oberfläche
- Lage von Spannkabeln und Position der Ankerköpfe von Spannstählen
- Porosität von Untergründen (Beton- Holz oder Steinmaterialien)
- Eindringvermögens von Beschichtungsmaterial in den Untergrund

Zur Beurteilung eines Schadenbildt es ist folgendes Vorgehen zu empfehlen:

- Schadensbild aufnehmen
- Mögliche Ursache(n) bestimmen
- Behebung der Mängel
- Erarbeiten der vorbeugenden Maßnahmen die richtige Vorgehensweise bei der Beschichtung (Überholung, Erneuerung) der zu schützenden Flächen.

Mineralische Untergründe

Für die Messung der Dicke von mineralischen Schichten oder von Schichten auf mineralischem Untergrund sind das OCT- Verfahren (Optische Tomografie) oder die photothermische Methode einsetzbar.

- Einführung
- Arten mineralischer Untergründe
- Unterscheidungsmerkmale mineralischer Untergründe
- Mörtelgruppen nach DIN 18550
- Schadensbilder, Ursache, Behebung
- Überarbeiten resp. hinterfragen der Regeln die vor einem Anstrich oder während dem Beschichten zu beachten sind

Metallische Untergründe

Zur Messung der Schichtdickenmessung bei metallischem Untergrund werden im Handel verschiedene elektrische oder magnetische Verfahren angeboten.

- Einführung
- Arten metallischer Untergründe
- Unterscheidungsmerkmale metallischer Untergründe
- Schadensbilder, Ursache, Behebung
- Überarbeiten resp. hinterfragen der Regeln die vor einem Anstrich oder während dem Beschichten zu beachten sind

Holzuntergründe

Für die Messung der Dicke von Schichten auf Holz sind das OCT- Verfahren oder photothermische Verfahren einsetzbar.

- Einführung
- Arten Holzuntergründe
- Unterscheidungsmerkmale Holzuntergründe
- Schadensbilder, Ursache, Behebung
- Überarbeiten resp. hinterfragen der Regeln die vor einem Anstrich oder während dem Beschichten zu beachten sind

Kunststoffuntergründe

- Einführung

- Arten Kunststoffuntergründe
- Unterscheidungsmerkmale Kunststoffuntergründe
- Schadensbilder, Ursache, Behebung
- Überarbeiten resp. hinterfragen der Regeln die vor einem Anstrich oder während dem Beschichten zu beachten sind

Einführung

Mineralische Untergründe werden am meisten beschichtet. Waren es in der Urzeit die mit Malereien verzierten Wände, wurden später aus dem Steinbruch Natursteine zum Bemalen verarbeitet. Heute werden die Stoffe für mineralische Untergründe aus dem Boden gewonnen. Neben der natürlichen Alterung von Baustoffen (z.B. durch Witterungseinflüsse) wirken sich zunehmend Umwelteinflüsse und die damit verbundenen chemischen Einflüsse zerstörend aus.

Mineralische Untergründe stellen den Maler vor das Problem, dass der Untergrund der Beschichtung korrekt ist. Bei falschem Untergrund verfärbt sich der Anstrich, er reißt auf oder platzt ab. Es ist deshalb zwingend notwendig, dass der Maler über die Zusammensetzung der mineralischen Untergründe und ihre Behandlung umfassend Bescheid weiss.

Arten mineralischer Untergründe

Mineralische Untergründe werden unterschieden in:

Natursteine	Natursteine, wie Sandstein oder Muschelkalk, sind Steine, die in der Natur gefunden oder bergmännisch abgebaut werden.
Kunststeine	Kunststeine, wie Ziegel und Klinker, werden aus tonigen Massen geformt und gebrannt. Durch das „Brennen“ erhalten sie die Festigkeit und die zum Teil hervorragenden Eigenschaften.
Putze	Putze bestehen aus mineralischen Bindemitteln, Zuschlagsstoffen und Zusatzmitteln. Sie werden (in verschiedenen Gruppen) nach dem Bindemittel unterschieden.
Beton	Beton ist ein sehr stabiler Baustoff mit einer sehr hohen Druckfestigkeit. Er besteht hauptsächlich aus Zement und Sand. Um die Zugfähigkeit zu erhöhen, wird in der Regel eine Bewehrung im Beton eingebaut.

Unterscheidungsmerkmale mineralischer Untergründe

Die Unterscheidungsmerkmale von mineralischen Untergründen sind das Aussehen, die Beschaffenheit der Oberfläche, die physikalischen und chemischen Eigenschaften, die Saugfähigkeit, die Festigkeit und die Alkalität.

Oberfläche

Rauhe und poröse Oberflächenstrukturen bieten eine gute Haftung für alle möglichen Beschichtungen. Allerdings führen die porösen Oberflächen zu Verschmutzungen. Die tiefen Poren führen zu einem höheren (Beschichtungs-) Materialverbrauch im Vergleich zu glatten Untergründen.

Saugfähigkeit

Mineralische Untergründe sind nicht saugend, schwach saugend oder stark saugend. Die Saugfähigkeit hängt von Art und der Menge der Bindemittel ab. Je nach

Saugfähigkeit sind die Vorarbeiten auf die Beschichtungstechnik abzustimmen. (z.B. Tiefengrundierung eines Untergrundes).

Festigkeit

Die Festigkeit ist abhängig von der Art der Bindemittel. Feste Untergründe fangen Spannungen trocknender Beschichtungsstoffe ab, lockere Untergründe führen vielfach zu Anstrichschäden.

Alkalität

Mineralische Untergründe sind unterschiedlich alkalisch. Die Alkalität ist bei kalk- und zementgebundenen Untergründen in frischem Zustand hoch. Sie nimmt mit zunehmendem Alter bis zum Neutralpunkt ab. Die Alkalität wird mit Indikatorpapier oder Phenolphthaleinlösung festgestellt.

Beschichtungen und Beschichtungssysteme, allgemein Überblick

Die folgenden Tabellen zeigen die heute oft eingesetzten Schichtsysteme und wie diese gemessen werden können. Bei einer Beschichtung kann der ganze Ablauf der Arbeitsschritte in der Regel schnell, zerstörungsfrei und berührungslos in der notwendigen Menge dokumentiert werden, sodass Gewährleistungsansprüche jederzeit nachgewiesen oder auch andere Forderungen erfüllt werden können.

Seite 1

Träger	Zusatzbemerkung	Arbeitsschritt und Schichtzone	Beschichtung (Dicken)	Methode zur Messung der Dicke (Ablage Schichtsysteme)	Eigenschaft des Schichtmaterials (Seite 1)
Mineralischer Untergrund	Saugfähiger Untergrund, nicht saugf. Untergrund	Oberfläche reinigen	Partikelgrösse um 100 µm	Spektroskopische Reinheitsmessung	Streuend
		Grundierung	Bis 100 µm	Optische Tomografie	Transparent
		Beschichten mit Zementschlämme	Bis 5 mm	Fotothermisches Verfahren	Nicht transparent, elektrisch nicht aktiv
		Beschichten mit Aussenputz oder Gips	Bis 5 mm	Fotothermisches Verfahren	Nicht transparent, elektrisch nicht aktiv
		Beschichtung mit Füllstoffen aller Art	Bis 5 mm	Optische Tomografie	Transparent, Semi transparent, z.T. elektr. aktiv
		Kunsthartzbeschichtung	Bis 1000 µm	Optische Tomografie	Transparent, Semi transparent
		Ölbeschichtung	Bis 200 µm	Optische Tomografie	Transparent
		Andere mineralische Beschichtung	Bis 10 mm	Fotothermisches Verfahren, Radartomografie	Nicht transparent, streuend, ...
Holz	Saugfähiger Untergrund, nicht saugfähiger Untergrund	Oberfläche fett- und staubfrei reinigen	Partikelgrösse um 100 µm	Spektroskopische Reinheitsmessung	Streuend
		Grundierung	Bis 100 µm	Optische Tomografie	Transparent
		Melaminharzschicht	Bis 500 µm	Optische Tomografie	Streuend
		Farbanstrich (Pigmentiert)	Bis 1000 µm	Optische Tomografie	Streuend
		Lackanstrich	Bis 1000 µm	Optische Tomografie	Transparent
		Füllstoffe in der Lackschicht Kleber- oder Bildebeschichtung	Bis 1000 µm Bis 1000 µm	Optische Tomografie Optische Tomografie	Streuend Transparent
Glas		Oberfläche fett- staub- und partikelfrei reinigen	Partikelgrösse um 100 µm	Spektroskopische Reinheitsmessung	Streuend
		Spektrale Beschichtung	Bis 200 µm	Optische Tomografie	Transparent
		Farbgebende Schichten	Bis 500 µm	Optische Tomografie	Semitransparent
		Lacke	Bis 2000 µm	Optische Tomografie	Transparent
		Funktionsbeschichtung	Bis 100 µm	Optische Tomografie	Semitransparent

Seite 2

Träger	Zusatzbemerkung	Arbeitsschritt	Beschichtung	Dicke Methode zur Messung der Dicke (Ablage Schichtsysteme)	Eigenschaft des Schichtmaterials (Seite 2)
Beton	Saugfähiger, nicht saugfähiger Untergrund	Oberfläche staub- und partikelfrei reinigen	Partikelgrösse um 100 µm	Spektroskopische Reinheitsmessung	Streuend
		Hydrophobierung	Bis 2000 µm	Optische Tomografie	Transparent
		Grundierung		Optische Tomografie	Transparent
		Harzbeschichtung	Bis 1000 µm	Optische Tomografie	Transparent
		Kautschukbeschichtung	Bis 2000 µm	Fotothermisches Verfahren	Semitransparent
		Beschichtung mit Bitumen	Bis 3000 µm	Fotothermisches Verfahren	Nicht transparent
		Beschichtung mit Zementschlämme	Bis 5000 µm	Fotothermisches Verfahren	Nicht transparent
		Beschichtung mit Glas oder Sand	Bis 5000 µm	Optische Tomografie und Fotothermisches Verfahren	Transparent, Nicht transparent
		Kleberschichten	Bis 2000 µm	Optische Tomografie	Transparent
		Funktionsschichten, Mattenbeläge, Andere Schichten	Bis 5000 µm	Optische Tomografie	Transparent, Nicht transparent
		Beton	Bis 3000 µm	Fotothermisches Verfahren, Radartomografie	Nicht transparent
		Wasserschutzanstrich	Partikelgrösse um 2000 µm	Fotothermisches Verfahren	Nicht transparent
		Elastomere	Bis 2000 µm	Fotothermisches Verfahren	Nicht transparent
		Gummi	Bis 2000 µm	Fotothermisches Verfahren	Nicht transparent
		Harzbeschichtung	Bis 1000 µm	Optische Tomografie	Transparent
		Kautschukbeschichtung	Bis 2000 µm	Fotothermisches Verfahren	Semitransparent
		Beschichtung mit Kies	Bis 5000 µm	Fotothermisches Verfahren, Radartomografie	Nicht transparent
		Andere Schichten	Bis 5000 µm	Optische Tomografie	Transparent, Nicht transparent
		Luftschichten	Bis 5 cm	Radartomografie	Transparent, oft verdeckt
		Hinterfüllung	Bis 2 m	Radartomografie	Nicht transparent
		Konstruktive Details	Bis 1 m	Radartomografie	Nicht transparent

Seite 3

Träger	Zusatzbemerkung	Arbeitsschritt	Beschichtung	Methode zur Messung der Dicke Methode zur Messung (Ablage Schichtsysteme)	Eigenschaft des Schichtmaterials (Seite 3)
Stahl		Oberfläche fett- staub- und partikelfrei reinigen	Partikelgrösse um 100 µm	Spektroskopische Reinheitsmessung	Streuend
		Zinkanstrich	Bis 3000 µm	Optische Tomografie, Fotothermisches Verfahren	Streuend
		Verzinkung	Bis 800 µm	Fotothermisches Verfahren	Nicht transparent
		Korrosionsschutzfarbe(n)	Bis 2000 µm	Optische Tomografie, Fotothermisches Verfahren	Semitransparent
		Eingebrannte Lacke	Bis 1000 µm	Optische Tomografie, Fotothermisches Verfahren	Semitransparent
		Lack	Bis 1000 µm	Optische Tomografie	Transparent
		Aluminium, Stahl, andere Metalle	Bis 5000 µm	Optische Tomografie, Fotothermisches Verfahren	Nicht transparent
		Kautschuk, Gummi, Elastomere	Bis 2000 µm	Radartomografie, Fotothermisches Verfahren	Nicht transparent
		Brandschutzbeschichtung	Bis 5000 µm	Fotothermisches Verfahren	Nicht transparent
Kunststoffe	Duroplaste oder Elastomere	Oberfläche fett- staub- und partikelfrei reinigen	Partikelgrösse um 100 µm	Spektroskopische Reinheitsmessung	Streuend
		Grundierung	Bis 300 µm	Optische Tomografie, Fotothermisches Verfahren	Streuend
		Oxidschicht(en), mit Partikeln	Bis 2000 µm	Optische Tomografie, Fotothermisches Verfahren	Semitransparent
		Lack	Bis 1000 µm	Optische Tomografie	Transparent
		Aluminium und andere Metalle	Bis 500 µm	Optische Tomografie, Fotothermisches Verfahren	Nicht transparent
		Elektrisch leitende Schichten	Bis 200 µm	Optische Tomografie, Fotothermisches Verfahren	Nicht transparent
		Kleberschichten	Bis 1 cm	Radartomografie	Transparent
		Füllmaterialien oder andere Schichtsysteme	Bis 10 mm	Radartomografie, Fotothermisches Verfahren, Optische Tomografie	Nicht transparent

Beispiele von Beschichtungsschäden

Abplatzender Dispersionsfassadenfarbanstrich

Schadensbeschreibung:



Größe: 1,00 m x 0,5 m

Bauteil: Sockelbereich im Altbau

Ort: Hinterhof/außen, Bewitterungsseite

Durch aufsteigende Feuchtigkeit aus dem Erdreich und eine defekte Horizontalsperre führt der Dampfdruck des am Verdunsten gehinderten Wassers an der Oberfläche zur Blasenbildung und später zum Aufplatzen der Beschichtung. Eine zusätzliche Beschleunigung entsteht durch Salzausblühungen, da gelöste Salze aus dem Erdreich oder dem Baustoff aufgenommen werden und an die Oberfläche gedrückt werden. Wenn keine „offene“ Oberfläche mit hoher Diffusionsfähigkeit gegeben ist, wird der Anstrich allmählich vom Untergrund gelöst.

Behandlung:

Die Horizontalsperre muss möglichst erneuert werden (sehr teure Spezialverfahren, z.B. Mauerwerkstrennung oder Injektion). Als Alternativen werden Sanierputze mit einer relativen geringen Lebensdauer oder Absperrputze empfohlen. Diese Verfahren sind zwar nur kurzlebig (bis zu 5 Jahren je nach Putzsystem), aber auch weniger kostenintensiv. Der vorhandene Putz muss mindestens bis zu einem Meter über den Ausblühungen komplett entfernt werden.

Fehlerhafter Putzaufbau (Fassade)

Schadensbeschreibung:



Größe: ca. 0,5 qm

Bauteil: Giebelwand

Ort: Hof/Außenbereich, Sanierter Altbau

Schadensursache:

Vermutlich wurde zum Ausbessern eines *Putzschadens*, der durch mechanische Einwirkung entstanden ist, ein kunststoffmodifizierter Kalkputz verwendet. Infolge der unterschiedlichen Materialien kam es zur erhöhten *Oberflächenspannung* am Randbereich.

Behandlung:

Man muss eine genaue Untergrundanalyse durchführen, gegebenenfalls durch Einschicken von Proben an ein Labor. Im Außenbereich werden

vorwiegend *hochhydraulische Kalkmörtel* verwendet. Der ungeeignete Putz muss entfernt werden und durch ein hochhydraulisches Kalkmörtelsystem ersetzt werden. Es sollte anschließend ein Anstrichsystem auf *Silikatbasis* verwendet werden, da durch dieses Anstrichsystem ausreichende *Diffusionsfähigkeit* gewährleistet wird.

Baudynamischer Riss

Schadensbeschreibung:



Größe: 3 m²
Bauteil: Fassade
Ort: Altbau

Schadensursache:

Baudynamische Risse im Bauwerk entstehen durch eine starke Spannung im Mauerwerk und können teilweise das gesamte Mauerwerk durchdringen. Ursachen können sein: Konstruktionsfehler, mangelnde Trennfugen und Bewegung im Erdreich.

Behandlung:

Vor dem Einsatz eines Beschichtungssystems ist es wichtig festzustellen, ob sich die Rissbildung fortsetzt. Dazu empfiehlt sich der Einsatz einer sogenannten Gipsplombe. Bei fortlaufender Rissbildung sollte z.B. ein Statiker hinzugerufen werden um die genaue Ursache des Schadens zu bestimmen. Setzt sich die Rissbildung nicht fort, empfiehlt sich der Einsatz eines Armierungsgewebes. Baudynamische Risse sind häufig nicht durch Maßnahmen der Maler sanierbar!

Fehlendes Haftvermögen

Schadensbeschreibung: Größe: gesamter Sockelbereich in einer Höhe bis 1,50 m



Bauteil: Sockelbereich
Ort: EG, Erneuerte Fassade

Schadensursache:

Anstrichschaden durch falsche Untergrundbehandlung. Fehlerhafter Aufbau.

Behandlung:

Vorhandene *Sinterschicht* und Anstrich manuell oder maschinell entfernen, ggf. *fluatieren* und nachwaschen. Für derartige Untergründe eignet sich besonders ein Anstrichsystem auf *Dispersionssilikatbasis*. Der Dispersionszusatz bewirkt auch eine bessere Haftung auf kritischen Untergründen. Die Vorteile dieses Anstrichmittels sind gute *Wasserdampf-durchlässigkeit* und *Diffusionsfähigkeit*.

Zu beachtende Regeln vor dem Anstrich oder der Beschichtung

- Welche Oberflächenstruktur weist der Untergrund auf?
- Soll der Untergrund eine neue Oberflächenstruktur erhalten?
- Welches Alter weist der Untergrund auf und welche Untergrundmängel weist er durch sein Alter auf?
- Welche Untergrunds Schäden sind vorhanden und müssen vor Beginn der erneuten Beschichtung beseitigt werden?
- Ist eine ausreichende Untergrundfestigkeit gegeben oder muss sie erst hergestellt werden?
- Welche physikalischen Einwirkungen muss der Untergrund überstehen können?
- Welches Wärmeverhalten weisen Untergrund und Beschichtungsmaterial auf?
- Mit welchem Beschichtungsmaterial soll der Untergrund beschichtet werden?
- Hinweise und Herstellerangaben (Vorbehandlung, Verarbeitung)?

Anstrichschäden auf metallischen Untergründen

Metallische Untergründe bestehen aus Eisenmetallen (z. B. Stahl) und Nichteisenmetallen (z.B. Zink, Aluminium, Kupfer oder Blei). Stahl ist der am häufigsten verwandte Werkstoff bei den metallischen Untergründen. Er wird in weiten Bereichen des Geräte-, Anlagen- und Fahrzeugbaus, des Bauwesens und der Industrie sowie bei der Herstellung vieler alltäglicher Gebrauchsgegenstände verwendet. Wegen seiner überdurchschnittlich guten Eigenschaften und auch aus wirtschaftlichen Gründen ist er auf vielen Gebieten unersetzbar. Zu den wichtigsten technologischen Vorzügen des Stahls zählt, dass er zerspanbar, kalt verformbar und schweißbar ist. Ein besonderer Vorzug ist die Mobilität. Stahlteile sind ergänz- und austauschbar.

Stahl hat den gravierenden Nachteil, dass er korrodiert. Durch die Korrosion entstehen jährlich Schäden in Milliardenhöhe. Korrosion ist die meist an der Oberfläche eines metallischen Werkstoffs stattfindende Reaktion mit seiner Umgebung. Folge ist eine messbare Veränderung des Werkstoffs, die zu einer Beeinträchtigung der Funktion eines metallischen Bauteils oder eines ganzen Systems führen kann.

Arten metallischer Untergründe

Baustahl	meist <i>unlegierter</i> Stahl, Bezeichnung nach <i>Zugfestigkeit</i> z.B. -St.42; St.= allgemeiner Baustahl; 42= 420 N/mm ² Mindestzugfestigkeit		
Cortenstahl	Niedrig <i>legierter</i> Stahl mit geringen Zusätzen von Kupfer, Chrom, Nickel und auch Phosphor		
Qualitätsstahl und Edelstahl	Größere Reinheit und Gleichmäßigkeit als Baustähle, legiert; Bezeichnung nach Kohlenstoffgehalt z.B. Qualitätsstahl C35, C= Symbol für Kohlenstoff, 35= 0,35% Kohlenstoffgehalt; Edelstahl Ck 20, C= Symbol für Kohlenstoff, k= kleiner Phosphor- und Schwefelgehalt, 20= 0,2% Kohlenstoffgehalt		
Zink	Feinzink, z.B. ZN 99 = reines Zink; Zinklegierungen mit 0,12% Titan, 0,14- 0,6% Kupfer, 0,01% Aluminium		
Verzinkte Metalle	Verzinkungsarten: 1. <i>Feuerverzinkung</i> a) <i>Stückverzinkung</i> b) <i>Bandverzinkung</i> , z.T. <i>chromatiert</i> 2. <i>Spritzverzinkung</i> 3. <i>Elektrolytische Verzinkung</i> z.T. nachbehandelt durch <i>Chromatierung</i> und <i>Phosphatierung</i>		

Aluminium**Reinaluminium**, z.B. AL 99,5

Legierungen Aluminiumknetlegierung, z.B. Aluminium+ Mangan= ALMn, Aluminium+ Magnesium= ALMg

Aluminiumgusslegierung, z.B. Aluminium+ Silizium= AlSi, Aluminium+ Silizium+ Magnesium= AlSiMg

Eloxal= elektrolytisch oxidiertes Aluminium, naturfarbene oder eingefärbte Oxidschicht von 5 bis 20 Mikrometer Dicke

Kupfer

Legierungen:

Reinstkupfer, z.B. Cu 99,99 Elektrolytkupfer ohne Beimengungen

Moniermetall= Kupfer+ Nickel+ Eisen

Messing= Kupfer+ Zink

Bronze= Kupfer+ Zinn

Neusilber= Kupfer+ Nickel

Weißmetall= Kupfer+ Zink+ *Antimon***Flächenrost und Unterrostung**

Schadensbeschreibung:

**Größe: 2,00m²****Bauteil: Decke (Eisenträger).**

Ort: im Durchgang vom Erdgeschoss

Schadensursache:

Im Laufe der Jahre nimmt der mineralische Untergrund Feuchtigkeit auf und gibt sie an den Stahlträger ab. Es bilden sich Salze und Säuren. Es folgt langsam eine Unterrostung der Beschichtung, die sich auf die ganze Fläche ausbreitet. Mineralischer Untergrund vermutlich mit einem ölhaltigen Beschichtungsstoff beschichtet.

Behandlung:

Weil es sich um eine Unterrostung handelt, muss ein Erneuerungsanstrich auf dem Stahlträger erfolgen. Altbeschichtung auf dem Eisenträger sowie auf dem Putz vollständig entfernen (Abbrennen bzw. Abbeizen). Rostentfernen (Stahlbürste evtl. maschinell). Untergrund vollflächig schleifen, 2 x Grundanstrich (z. B. Epoxidharzbasis) und 2 x Deckanstrich (z. B. Epoxidharzbasis) im Korrosionsschutzanstrichsystem.

Flächenrostbildung mit Durchrostung

Schadensbeschreibung: Großflächig verrostet, Lochfraßkorrosion, Durchmesser von mehreren Zentimetern.



Türflügel (aus Stahlblech) auf Stahlrahmen-konstruktion, beidseitig

Ort: Durchfahrt, allseitige Bewitterung

Schadensursache:

Es gibt mehrere Möglichkeiten, wie es zu diesem Schaden kommt.

- Langzeitschaden,
- fehlende Hinterlüftung der Stahlkonstruktion, (Wasser gelangte in die Konstruktion)
- Korrosion von innen nach aussen durch Kondenswasserbildung, Flächenrost von innen, Durchrostung und dann Lochfrass
- nicht fachgerechter Anstrichaufbau, daraus Schäden durch die Bewitterung.

Behandlung:

Die Lochfraßstellen müssen durch neue Bauteile ersetzt werden. Die restlichen Flächen müssen bis zu einem Reinheitsgrad von Sa 2 ½ entrostet werden. Dann kann mit einem fachgerechten Korrosionsschutzanstrichaufbau die Fläche bearbeitet werden.

Farbabplatzung auf einer verzinkten Stahltür

Schadensbeschreibung:



Größe: 1,00 x 2,00

Bauteil: Hofeingangstür

Ort: Hofeingang, außen

Schadensursache:

Als vermutliche Ursachen sind zu nennen:

- schlechte Vorbehandlung des Verzinkten Untergrundes
- durch falschen Anstrichaufbau keine Anhaftung des Anstriches möglich.
- möglicherweise mit ölhaltigem Anstrichstoff direkt auf dem verzinkten Untergrund aufgetragen.
- mechanische Belastung nicht ausgeschlossen

Behandlung:

Altanstrich entfernen

Ammoniakalische Netzmittelwäsche

1x Grundbeschichtung mit Shop- Primer (Zinkhaftgrund)

2x Zwischenbeschichtung auf Epoxidharzbasis

1x Endbeschichtung auf Epoxidharzbasis

Punktförmige Korrosion

Schadensbeschreibung:



Größe: Länge 1,60 m

Bauteil: Fallrohr

Ort: Fassade - Sockelbereich

Schadensursache: Als vermutliche Ursachen sind zu nennen:

- Entrostung vor dem Beschichten nicht ungenügend.
- Zunder oder Walzhaut nicht entfernt
- mechanische Belastung

Der Rost kann sich weiter unter dem Anstrich ausbreiten. Durch die Porosität des Anstrichfilms dringt die Feuchtigkeit aus der Luft in den Anstrichuntergrund ein. Es folgt eine Unterrostung. Der Anstrich wird durch die Volumenvergrößerung des Rostes hochgedrückt.

Behandlung:

Weil es sich um eine Unterrostung handelt, muss ein Erneuerungsanstrich erfolgen. Altbeschichtung vollständig entfernen (abbrennen bzw. abbeizen). Rost entfernen (Stahlbürste evtl. maschinell). Untergrund vollflächig schleifen. 2 x Grundanstrich (z. B. Epoxidharzbasis) 2 x Deckanstrich (z. B. Epoxidharzbasis)

Freiliegendes korrodiertes Armierungsgitter

Schadensbeschreibung:



Größe: 1,5m²
Bauteil: Balkon Unterseite
Ort: Wetterseite

Schadensursache:

Das Bauteil ist von oben nicht dicht, aber auch eine zu dünne Putzschicht kann die Ursache für die Korrosion des Armierungsgitters und als Absprengung des Putzes gewesen sein.

Behandlung:

Einsatz einer neuen *Armierung*, die es heute auch aus Kunststoff und somit rostfrei gibt. Die *Putzschicht* muss mindestens 20 mm dick sein. Der Boden des Balkons sollte eine wasserdichte Beschichtung erhalten (Wannenausbildung).

Vollflächige Unterrostung

Schadensbeschreibung:



Größe: 0,3 m
Eckschutzschiene im Durchgang vom Erdgeschoss
Ort: Innenbereich / Altbau

Mineralischer Untergrund nimmt Feuchtigkeit auf und gibt sie an die Eckschutzschiene ab (Bildung von Salzen und Säuren durch Feuchtigkeits- und Schadstoffeinwirkung, in

den Fugen zwischen Schiene und Putz). Es folgt eine Unterrostung der Beschichtung. Der Rost hat durch seine Sprengwirkung die Beschichtung hochgedrückt. Der mineralische Untergrund wurde vermutlich mit einem ölhaltigen Beschichtungsmittel beschichtet.

Behandlung:

Altbeschichtung und Rost entfernen (Drahtbürste, evtl. maschinell) Untergrund vollflächig schleifen, 2 x Grundanstrich (Korrosionsschutzgrund), 2 x Deckanstrich (dem Anstrichsystem der Wandgestaltung entsprechend)

Starker Korrosionsschaden an verwinkelten Flächen

Schadensbeschreibung:



Größe: stellenweise
Bauteil: Stahlbrückenkonstruktion
Ort: U- Bahntrasse, 8m über NN

Schadensursache:

Möglicherweise wurden Haftungsprobleme auf Grund unterschiedlicher Spannungen zwischen Deck- und Zwischenbeschichtungen hervorgerufen und durch schädliche Umwelteinflüsse begünstigt (Chemikalien, saurer Regen).

Behandlung:

Entrostungsverfahren durch Strahlentrostung, anschliessend Anstrichaufbau erstellen:
1. Grundierung, 2. Vorstrich (2x), 3. Schutz-/ Deckschicht

Flächenrost an einem Stahlcontainer

Schadensbeschreibung:



Größe: ganzflächig
Bauteil: Dachflächen eines Containers
Ort: Straßenrand, Innenstadt

Schadensursache:

Ungenügender Anstrichaufbau vor allem am Kanten- und Falzbereich, wahrscheinlich von da ausgehende Korrosion oder nicht rechtzeitiger Erneuerungsanstrich und dadurch zu lange schädliche und korrosionsfördernde allseitige Bewitterung.

Behandlung:

Die Flächen müssen bis zu einem Reinheitsgrad von Sa 2 ½ entrostet werden, dass kann durch Flammstrahlen oder durch maschinelles Entrosten geschehen.

Danach wird ein fachgerechter Anstrichaufbau aufgebracht, wobei die Witterungsverhältnisse beachtet werden müssen (nicht bei Feuchtigkeit).

Zu beachtende Regeln vor dem Anstrich oder während der Beschichtung

- Korrosionsschäden und Walzhaut sowie Fremdschichten gründlich entfernen!
- Unbeschichtete Metalle vor dem Grundanstrich mit geeigneten Mitteln reinigen!
- Schweißschlacken an den Schweißnähten mit alkalischen Abbeizmitteln entfernen!
- Scharfe Kanten abrunden!
- Shop- Primer auf Anstricheignung prüfen!
- Nur Grundanstriche mit besonders guter Haftung verwenden!
- Polyesterspachtel nur auf blankem Stahl auftragen!
- Beschichtungssysteme und Applikationsart entsprechend der zu erwartenden Beanspruchung auswählen!
- Geforderte Schichtdicken einhalten!
- Auf gute Kantenabdeckung achten!

Holzuntergründe

Holz dient dem Menschen schon seit Jahrtausenden als Brennstoff, Baustoff, Baumaterial und Energieträger. Bautechnisch besitzt er hervorragende Eigenschaften. Holz ist ein natürlich gewachsener, organischer, biochemisch verfestigter Baustoff, der sich aus einer Vielzahl verschiedenartiger Zellen aufbaut.

Die Farbe, Faserverlauf (Zeichnung), manchmal ein besonderer Glanz und Geruch grenzen die Hölzer voneinander ab und geben jedem seinen eigenen Charakter.

Holz gehört zu den porösen Werkstoffen. Wie mineralische Untergründe haben alle Holzuntergründe Kapillaren, die Flüssigkeit aufnehmen und weiter transportieren.

Nadelhölzer sind Hölzer der Nadelbäume wie Tanne, Kiefer, Fichte u.a.. Diese Hölzer zählen wegen ihrer geringen Dichte zu den Weichhölzern und zu den mittelharten Holzarten.

Laubhölzer sind Hölzer der Laubbäume wie Eiche, Buche, Linde u.a.. Laubhölzer können sehr weich sein oder aber sehr hart.

In vielen Holzarten verändern sich mit zunehmendem Alter die Holzzellen. Durch Ablagerungen von Gerb- und Farbstoffen, Harzen, Fetten und durch die verstärkte Bildung von *Lignin* entsteht das Kernholz. Der Wassergehalt ist bedeutend geringer als der des Splintholzes. Durch die Ablagerung von Stoffen ist das Kernholz auch härter und fester. Von tierischen Schädlingen wird es weniger befallen.

Kernhölzer:

Als Kernhölzer bezeichnet man alle Bäume, die einen ausgeprägten dunklen Kern und einen schmalen Splint aufweisen. Der Kern besteht aus verkerntem, hartem Holz. Kernholz ist ein gutes Bauholz. Beispiele: Eiche, Nussbaum, Kiefer, Lärche, Akazie, Kirsche, Eibe

Reifhölzer:

Reifhölzer haben auch einen Kern. Dieses Holz ist jedoch nicht so hart und dunkel wie bei den Kernholzbäumen. Beispiele: Fichte, Tanne, Rotbuche, Linde, Birnbaum

Splinthölzer: Diese Bäume sind nicht in der Lage, Kernholz zu bilden und bestehen deshalb nur aus *Splintholz*. Als Bauholz sind sie nicht geeignet. Beispiele: Birke, Ahorn, Erle, Weißbuche

Kernreihföhlzer: Diese Hölzer enthalten sowohl Kernholz wie auch Reifholz und Splintholz. Beispiele: Ulme, Esche.

Eigenschaften des Holzes aus Sicht der Beschichtung

Bearbeitbarkeit:

Quellen / Schwinden:

Bei Feuchtigkeitsänderungen führt die Feuchtigkeitszunahme zu Holzvergrößerungen, die Feuchtigkeitsabnahme zu einer Verringerung der ursprünglichen Abmessungen des Holzes. Diese Formveränderungen können bei Holzverbindungen und Konstruktionen Schwierigkeiten bereiten, da erhebliche Kräfte auftreten. Rissbildungen, die bei der Trocknung des Holzes auftreten, beeinträchtigen den Anstrich.

Saugfähigkeit:

Feuchtigkeitsentzug im Bereich von 60% (100%) auf 30% führt zu keiner Volumenänderung, da bis 30% (28%) das in den Poren befindliche Wasser austrocknet. Der Fasersättigungspunkt liegt bei 28%. Unterhalb von 30% beginnen die Zellwände auszutrocknen, was zu einer Verringerung des Gesamtvolumens führt.

Inhaltsstoffe:

Fette, Harze, Öle, Eiweiß, Stärke, anorganische und organische Salze und Säuren. Bei Beschichtungen treten die Holzinhaltsstoffe teilweise unangenehm in Erscheinung.

Eigenschaften:

Wie Wetterbeständigkeit, Bearbeitbarkeit, Formstabilität, Saugfähigkeit und Homogenität bestimmen die Verwendung und den Einsatz der Hölzer genauso wie die Farbe, Zeichnung, Schalleitfähigkeit, Inhaltsstoffe, Härte und Gewicht. Die Farbe wird von den eingelagerten Farb- und Gerbstoffen sowie von der chem. Zusammensetzung und dem anatomischen Bau des Holzes bestimmt. Die Farbe ändert sich. Sie wird bei alten Bäumen dunkler und kräftiger.

Durch Luft- und Lichteinfluss dunkeln alle Farben des Holzes nach. Witterungseinflüsse, Regen und Sonne färben das Nadelholz grau und braun.

Krankes Holz ist an der Verfärbung zu erkennen. Die Zeichnung wird durch die Zellen, die Jahresringe und die Feinheit des Holzes hervorgerufen.

Die Schalleitfähigkeit des Holzes hilft, trockenes von nassem und gesundes von krankem Holz zu unterscheiden. Trockenes Holz unter 7% Feuchtigkeit leitet den Schall gut. Nasses und Krankes Holz dämpft den Schall.

Die Härte des Holzes ist bei jeder Holzart im Hirnschnitt, Radialschnitt und Tangentialschnitt verschieden. Die Hirnhärte ist größer als die Radialhärte und Tangentialhärte. Die Härte des Holzes ist gleichzusetzen mit der Dichte des Holzes.

Unterscheidungsmerkmale Holzuntergründe

Eine der wichtigsten Eigenschaften des Holzes ist sein Verhalten zur Feuchtigkeit. Holz ist *hygroskopisch*. Der Zellenbau und die chem. Bestandteile bestimmen die Hygroskopizität des Holzes. Die Zellwände können Wasser aufsaugen bis zu einer Menge, die etwa 30% des Trockengewichtes entspricht. Die wichtigsten Krankheiten des Holzes

Stammfäule am lebenden Baum:

- Kieferbaumschwamm bei Kiefern
- Rotfäule bei Fichte, seltener Lärche und andere Nadelhölzer

- Weißfäule bei Buche und Eiche, auch Obsthölzer
- Hallimasch Befall: hauptsächlich Nadelhölzer

Lagerfäule am gefällten oder im Freien verbauten Holz:

- Schwarzstreifigkeit bei Buche
- Zerstörung des Eichenholzes durch Eichenwirrling,
- Gruben und Fächerschwamm und Blattlinge
- Kieferbläue an Nadelhölzern

Holzfäule am Holz, das im Haus verbaut wurde:

- Nassfäule, am Laub und Nadelholz
- Echter Hausschwamm (gefährlichste Hausfäule)

Abblättrender Anstrich

Schadensbeschreibung:



Schadensgröße: 1,20m x 2,10m

Bauteil: Kastenfenster im Altbau

Ort: Straßenseite, außen, Wetterseite

Abblättrender Alkydharzanstrich auf kieinigem Holz

Schadensursache:

Spröder, magerer, nicht wetterbeständiger Alkydharzlack auf „arbeitendem“

Untergrund, mangelnde Pflege, starke Alterung, fehlende Überholungsanstriche.

Behandlung:

Durch Abbrennen oder Abbeizen den Altanstrich restlos entfernen und den Anstrichaufbau komplett erneuern.

Fette, ölhaltige Vor- und Schlussanstriche auf Alkydharzbasis verwenden.

Spröder, abblättrender Anstrich (Rollladen)

Schadensbeschreibung:



Abblättrender Alkydharzanstrich auf der Außenseite eines Holzrollladen.

Größe: kompletter Rollladen

Ort: Straßenseite Erdgeschoss

Schadensursache:

Ein nicht fachgerechter Anstrichaufbau.

Durch Alterung des Anstriches wird dieser spröde und platzt ab.

Behandlung:

Altanstrich vollständig entfernen, neuer Anstrichaufbau, dabei ist zu beachten, dass man von mager nach fett aufbaut, Anstrichmittel müssen widerstandsfähig gegenüber UV-Einstrahlung sein.

Abblätternder Anstrich (Holztor)

Schadensbeschreibung: Abplatzen des deckenden Anstriches vom Untergrund



Größe: 3,00 x 4,00m

Bauteil: Holztor 3,00 x 4,00

Ort: Hinterhof, außen, Altbau

Schadensursache:

Durch nicht fachgerechten Anstrichaufbau, Anstrichalterung, Anstrichfilm wird spröde und platzt ab.

Behandlung:

Altanstrich vollständig entfernen, neuer Anstrichaufbau, dabei ist zu beachten, dass man von mager nach fett beschichtet, Anstrichmittel müssen widerstandsfähig gegenüber UV-Einstrahlung sein.

Sich lösender Anstrich vom darunter liegenden Anstrich (Holztor)

Schadensbeschreibung:



Schadensgröße: Bauteil komplett

Bauteil: Holztor

Ort: Hinterhof, außen

Altbau

Schadensursache:

Kein fachgerechter Anstrichaufbau. Der Altanstrich wurde nicht angeraut. Dadurch keine Haftung (*Adhäsion*) mit dem Untergrund.

Behandlung:

Altanstrich vollständig entfernen, neuer Anstrichaufbau; dabei ist zu beachten, dass man von mager nach fett aufbaut, Anstrichmittel müssen widerstandsfähig gegenüber *UV-Einstrahlung* sein.

Sich lösender Kitt an einer Fenstersprosse

Schadensbeschreibung:



Größe: 0,40 m

Bauteil: Holzsprossenfenster einfach, außen

Ort: Schuppen, Altbau

Schadensursache:

Unzureichende und fehlerhafte Vorarbeit und Alterung an der Kittfalz führte zum Eindringen von Feuchtigkeit. Das entstehende Pilzwachstum drückt den Kitt von der Fenstersprosse ab.

Behandlung:

Kitt vollständig durch Abstoßen und Schleifen vollständig bis auf das Rohholz entfernen. Imprägnieren mit Bläuesperrgrund nach DIN 68800 und Voranstrich mit Alkydharzfarbe. Anschließend Neuverkittung und nach angemessener Trocknungszeit den Kitt fachgerecht beschichten (grundieren, vorstreichen 2x Schlussanstrich). Es ist darauf zu achten, dass bei Vor- und Schlussanstrich 1 mm auf die Glasfläche zu beschichten ist.

Abplatzender Altanstrich (Holzfenster)**Schadensbeschreibung:**

Größe: ca. 0,25 m

Bauteil: Holzfenster ca. 1,20 m x 1,20 m, einfach verglast

Ort: Ostseite, Schuppen Altbau

Schadensursache:

Die Versiegelung zwischen Scheibe und Holzsporse ist nicht mehr ausreichend. Durch starke Kondenswasserbildung und Temperaturunterschiede von innen nach außen, blättert der Anstrich leicht vom Holz ab. Das Eindringen von Kondensfeuchtigkeit fördert den *Bläuepilz*befall. Der Bläuepilz durchwächst das Holz und drückt den Anstrich ab.

Behandlung:

Kitt durch abstoßen und schleifen vollständig bis auf das Rohholz entfernen. Imprägnieren mit Bläuesperrgrund nach DIN 68800 und einen Voranstrich mit Alkydharzfarbe. Anschließend Neuverkittung und nach angemessener Trocknungszeit den Kitt fachgerecht beschichten (grundieren, vorstreichen 2x, Schlussanstrich). Es ist darauf zu achten, dass bei Vor- und Schlussanstrich 1 mm auf die Glasfläche zu beschichten ist.

Kunststoffe

Kunststoff ist der Sammelbegriff für Molekülverbindungen aus organischen Rohstoffen mit typischen Eigenschaften. Beim Anstrich bereiten vor allem thermoplastische Kunststoffe (Plastomere) Probleme, weil sie Weichmacher enthalten, welche in einen Anstrich einwandern und ihn dadurch verändern (z.B. Klebrigkeit).

Arten Kunststoffuntergründe

Kunststoffart	Abk.	Einsatzgebiet / Bauteile
Polyvinylchlorid (hart)	PVC	Rohre, Dachrinnen, Jalousien, Fensterbau, Folien, Hartschaum
Polyvinylchlorid (weich)	PVC	Folien, Schläuche, Bodenbeläge, Wandbeläge
Polyethylen	PE	Haushaltsgeräte, Folien, Isolierungen, Planen, Geländer
Polypropylen	PP	Geräte, Verpackungen, Gehäuse
Polystyrol	PS	Küchengeräte, WDVS- Platten, Polystyroluntertapete
Polyurethane	PUR	Maschinenteile, Beschichtungen, Isolierschaum

Polyamide	PA	Maschinenteile, Heizöltanks
Polymethylmethacrylat (Acrylglas)	PMMA	Kunstglas, Werbeschilder
Acrylnitril- Butadien- Styrol	ABS	Kfz-Teile, Haushaltsgeräte, Rohre, Spielzeug,
Glasfaserverstärkter- Kunststoff	GFK	Kfz-Teile, Glascontainer

Unterscheidungsmerkmale Kunststoffuntergründe

Untergründe können durch vorliegende Testverfahren wie Flammprobe, Lösemittelprobe, Prüfung auf Hitzebeständigkeit und in der Wertung des Aussehen nachgewiesen werden.

Gerissener Untergrund, abblätternder Anstrich

Schadensbeschreibung:



gerissener Untergrund
Größe: ca. 2m Höhe 1,50m, Form Halbkugel-Zylinder
Bauteil: Glascontainer, Außen/Straße

Schadensursache:

Beschichtungsträger ist gerissen, Feuchtigkeit dringt in den Anstrichstoff, führt zu weiterem Abblättern des Anstriches

Behandlung:

Austauschen, bei Neuteil zu starke mechanische Belastung des Kunststoffes vermeiden bei Beschichtung des Containers Angaben des Herstellers beachten. Kunststoffüberzug eventuell mit PU-Harzfarbe

Spröder, abblätternder Anstrich

Schadensbeschreibung: Abplatzen des Anstriches vom Kunststoffrohr



Größe: □ 50 mm x 50 cm
Bauteil: Fallrohr
Ort: Fassade

Schadensursache:

Die Oberfläche vom Kunststoff wurde nicht aufgeraut und nicht haftgrundiert. Der Anstrich kann sich nicht richtig mit dem Untergrund verbinden und blättert ab.

Behandlung:

Altanstrich vollständig entfernen;
Kunststoffuntergrund ganzflächig anrauen;
Kunststoff- Haftprimer (lösemittelfrei sowie lösemittelhaltig) als Grundanstrich;

Regeln vor dem Anstrich oder während der Beschichtung

- Saubere Oberfläche – d.h. frei von Schmutz, Trennmitteln (Öl), Kleberesten usw.
- Porenfreiheit des Untergrundes
- antistatische Oberfläche muss gegeben sein – wird erreicht durch abblasen mit ionisierter Luft oder durch Abreiben mit einem Antistatiktuch
- Oberfläche muss griffig sein – hier hat sich das Anschleifen am besten bewährt

Bei der Beschichtung von Kunststoff ist besonders auf die Art des Kunststoffes zu achten. Die häufigsten Kunststoffuntergründe sind **Plastomere** und **Duromere**.

Plastomere:

- Grundanstrich mit PUR- Lackfarben oder Acrylharzlackfarben mit enthaltenem Elastifizierungsmittel
- Weitere Anstriche entsprechend der Beanspruchung sollten Elastifizierungsmittel enthalten

Die Plastizität und Elastizität der Beschichtung müssen auf die Flexibilität des zu beschichtenden Kunststoffes abgestimmt sein.

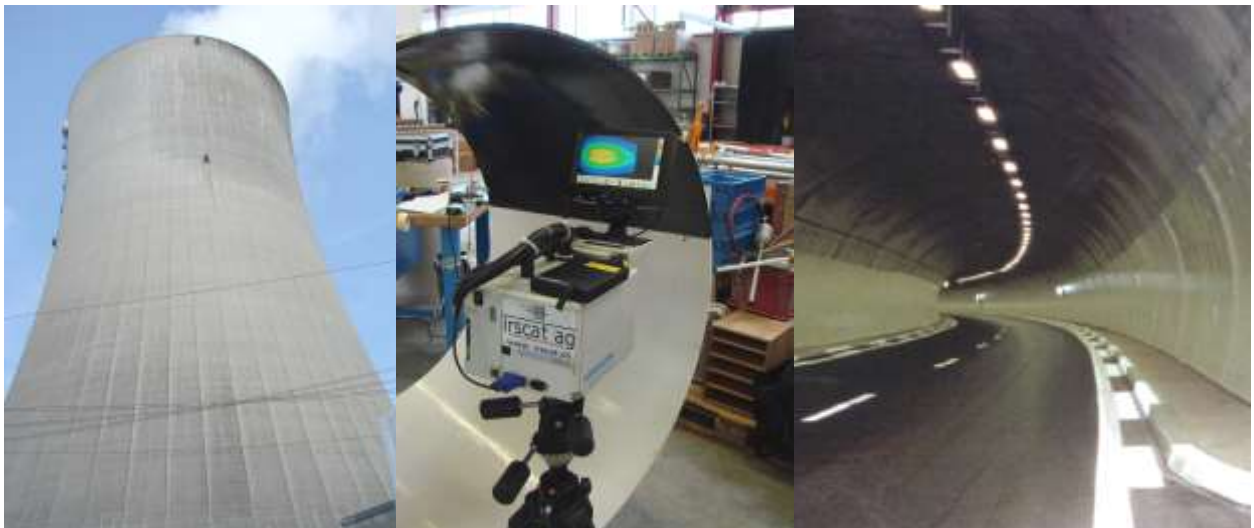
Duromere:

- Beschichtungen auf Duromeren sind nicht so problematisch wie auf Plastomeren
- Vorbehandlung: Schleifen, reinigen und spachteln von Löchern, Poren und Unebenheiten mit Polyesterspachtel
- Grundanstrich: Vorwiegend mit Polyurethanharzlackfarben. Wenn ein Füller notwendig ist, Systeme auf Polyurethanharz- oder Epoxidharzbasis verwenden.
- Schlussbeschichtung: Entsprechend der Anforderung mit Lackfarben auf Polyurethan-, Epoxid-, Alkyd-, Acryl- oder Polymerisatharzbasis

Das Beschichten von Kunststoffen ist im Vergleich zu den konventionellen Untergründen (Metalle, Holz) noch sehr jung. Die Erfahrungen im größerem Umfang fehlen noch. Bei der Verarbeitung von Kunststoffbeschichtungen sind die Hinweise des Herstellers zu befolgen.

Zerstörungsfreie Messung von Beschichtungen.

Wir setzen verschiedene Messverfahren zur zerstörungsfreien und berührungslosen Messung der Schichtdicke oder der Haftung ein.



PTRT- Verfahren, Radarverfahren, OCT Methode, Interferometrie, Impedanzverfahren.

Dickenunterschiede und Loslösung einer Schicht messen wir berührungslos und zerstörungsfrei. Sei es an einem Kühlturm, in einem Druckrohr einer Turbinenzuleitung oder in einem Tunnel. Wir messen die Dicke einer Beschichtung, erkennen Haftungsfehler oder Schichtablösungen schnell, berührungslos, zerstörungsfrei. Die Haltbarkeit eines Anstriches oder einer Beschichtung hängt entscheidend vom Zustand des Untergrundes ab. Dabei sind alle Beschichtungssysteme die übereinander liegen gemeint. Beim PTRT Verfahren spielt es keine Rolle ob die Beschichtung organischer Art oder metallisch ist. (Imprägnierung oder Primerschicht, Hydrophobierung, Funktionsschicht, Korrosionsschutzschicht, Harze oder Lacke).

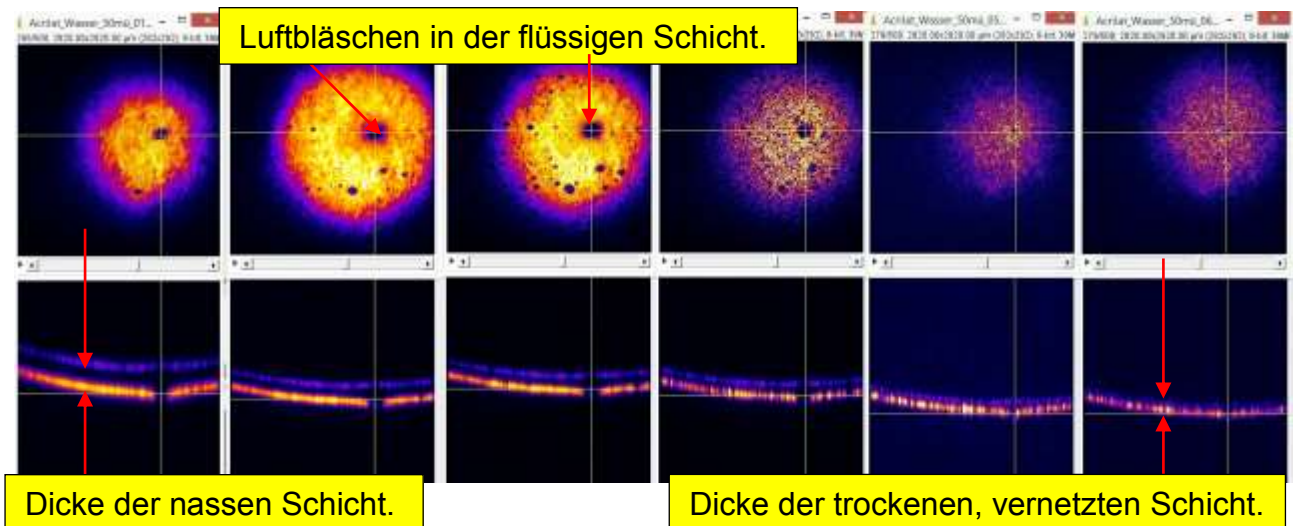
Berührungslos und schnell

Sind Beschichtungen auf einem Bauteil aufgebracht stellen sich oft immer wieder die gleichen Fragen:

- Wie gut haftet die Schicht auf dem Untergrund?
- Wie dick ist die Schicht?

Messung der Schichtdicke auf Bauteilen aus Beton, Glas oder Holz.

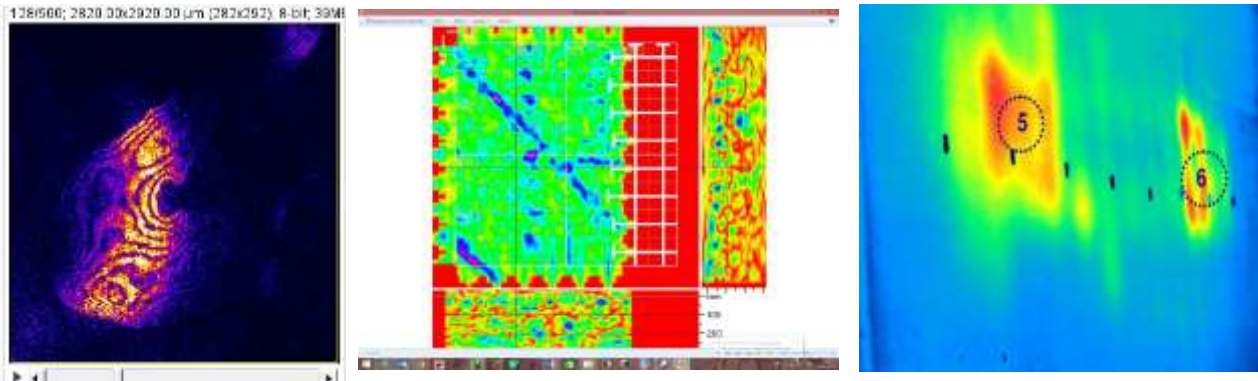
Bei beschichteten Oberflächen müssen unterschiedlichste Schichtdickenmerkmale beachtet werden um die gestellten Anforderungen zu erfüllen. Dies bedeutet, dass man eine geeignete Gerätetechnik braucht, um diese vielfältigen Merkmale nachzuweisen und zu gewährleisten. Erst in jüngster Zeit wurden moderne Methoden entwickelt, welche erlauben, die verschiedenen Merkmale zuverlässig zu charakterisieren. Die tomografischen Methoden erlauben die selektive Messung der Dicke der Schichten und auch deren Haftung. Die völlig zerstörungsfreie Messung der Dicke einzelner oder verschiedener Schichten in einem mehrlagigen Schichtsystem, respektive die Charakterisierung deren Haftung, erfüllen gestellte Anforderungen von Bauherren. Ein Messgerät ist dann richtig eingesetzt, wenn die vom Kunden geforderten Merkmale reproduzierbar und sicher bestimmt werden können.



Die Bilderserie zeigt von links (flüssige Schicht) nach rechts (trockene Schicht) den zeitlichen Verlauf der Austrocknung der flüssig aufgetragenen Schicht auf einem saugfähigen Träger. „Blasenbildung“ und „Unterschiede in der Dicke“ der Schicht sind klar identifizierbar. Der Nachweis der Schichtdicke erfordert deshalb stets Messungen an getrockneten bzw. vernetzten Beschichtungen. Auf metallischen Untergründen kann die Dicke von Oberflächenschutzschichten einfach (Magnetinduktiv, Wirbelstromprinzip) zerstörungsfrei gemessen werden. Die Dicke der Beschichtung auf mineralischen Untergründen wie Beton, Holz, Glas oder Stein können nur mit den modernen

Verfahren der optischen Tomografie, mit Radar oder Terahertzwellen zerstörungsfrei gemessen werden.

Die Schichtdickenmessung mit dem Keilschnittverfahren ist heute Vergangenheit, weil dieses Verfahren nicht zerstörungsfrei ist und moderne Verfahren mehr Messungen erlauben um eine statistisch gut gesicherte Aussage zur Dicke einer Schicht zerstörungsfrei zu ermitteln. Die Messgenauigkeit liegt im Bereich von 2 bis 20 μm , je nach angewandeter Methode. Zur Bestimmung der effektiven Schichtdicke auf einem Träger erlauben die modernen Verfahren die Durchführung einer ausreichend grossen Anzahl von Messungen ohne grossen Zeitaufwand. Liegen grössere Schichtdicken (Bitumen, Zementschlämme) oder ausgeprägt flexibel formulierte Beschichtungen vor, wird die Schichtdicke mit Hilfe angepasster Radar-, thermischen Pulsen oder mit Schallwellen gemessen.



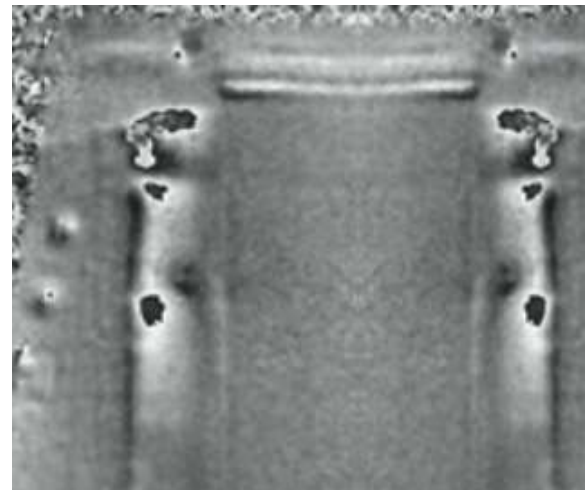
Die Schichtdickenmessung beginnt bei wenigen Mikrometern (Bild links, Primerschichten) und reicht bis über 10 cm Dicke (Bild Mitte und rechts).

Schicht mit einer Dicke einer Primerschicht von 800 nm (Bild links). Bestimmung der Tiefenlage einer elektrischen Leitung (Bild Mitte, > 10 cm) und Tiefenlage von Ankerköpfen (Bild rechts > 10 cm)

Phasenmessung
(Schwingungsunterschiede)

Bei Übersichtsmessungen werden oft in einer ersten Phase die neuralgischen Zonen ermittelt und erst in einer weiteren Phase entsprechende Detailmessungen abgeordnet.

Durch dieses stufenweise Vorgehen lassen sich die Kosten gut kontrollieren.



Die berührungslos und mobil einsetzbaren modernen Verfahren sind in der Anwendung nicht kritisch, weil Messungen auf ebenen oder nicht ebenen Untergründen durchgeführt werden können. Mit dem Grundprinzip erfassen wir lokale Abweichungen von monochromen Wellen unterschiedlicher Frequenz, sodass in kurzer Zeit grosse Flächen inspiziert und kleinste Abweichungen reproduzierbar festgestellt werden können. Die Verfahren der „Wellenfrontmessung“ (Licht, Radar, Terahertz) lassen sich einfach an verschiedene Aufgabenstellungen anpassen. Die Resultate sind unbestechlich und objektiv, da sie unabhängig von der Fähigkeit eines Prüfers erfasst werden.

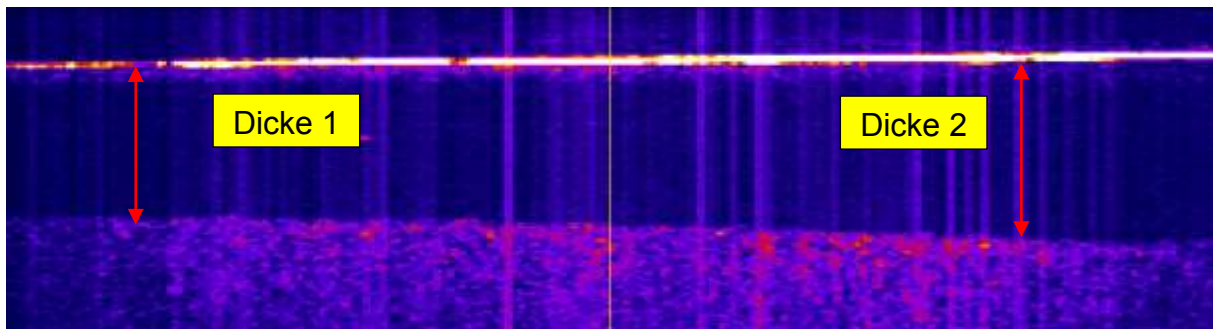
Moderne, auf dem Michelson Prinzip aufgebaute Messverfahren sind:

- Sehr genau (Mikrometer)
- Schnell (Sekunden oder Bruchteile davon)
- Zuverlässig
- Robust
- Kalibrationsarm

Zur flächenhaften Erfassung der Dicke einer Beschichtung ist die Tiefenauflösung in Abhängigkeit des Arbeitsabstandes wichtig. Gerade in diesem Punkt bietet die OCT Technologie besondere Vorteile, weil beim OCT Verfahren (Optical Coherence Tomography) die laterale Auflösung von der Auflösung in z- Richtung entkoppelt ist.

Bodenbeschichtungen

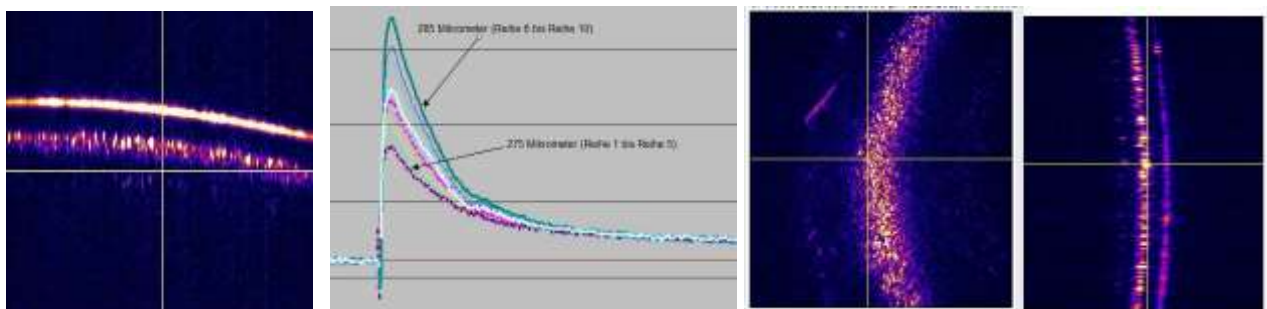
Beschichtungen auf Estrich, Beton, Sandstein oder Klinker müssen gegen Säuren, Laugen, Lösemittel, Mineralöl beständig- und auch stoss-, schlag-, abrieb- und kratzfest sein. Weil heute alle Farben (Pigmente, Farbchips) auch in Kleinmengen verfügbar sind und das Material einfach verarbeitet werden kann, stellt sich vor der Neubeschichtung eines Bodens die Frage, wie die Grundierung als Verbindung zwischen dem bestehenden Bauteil und der modernen Beschichtung ausgelegt werden muss, damit die erwarteten Funktionen auch erfüllt werden.



Das OCT Bild zeigt eine homogene aber unterschiedlich dicke Bodenbeschichtung.

Berührungslose Schichtdickenmessung von Korrosionsanstrichen

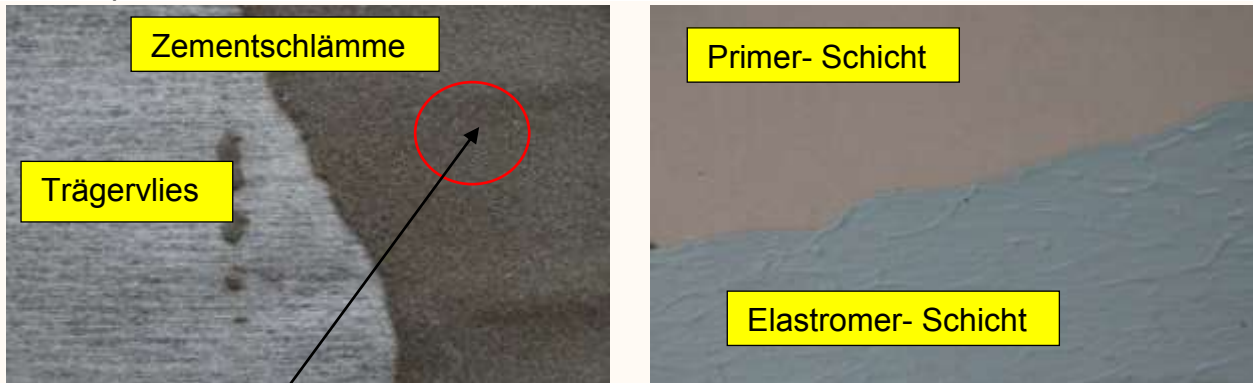
Die wachsenden Anforderungen an Flexibilität, Zuverlässigkeit und Präzision sowie die qualifizierten Ansprüche der weltweiten Anwender an erhöhte Produktivität und Wertschöpfung führen zu neuen innovativen Mess-Systemen. Insbesondere Geräte-Systeme, deren Einzelkomponenten sich für unterschiedlichste Messaufgaben einsetzen lassen, führen zu einer hohen Flexibilität und damit zu einer deutlichen Kostenreduzierung.



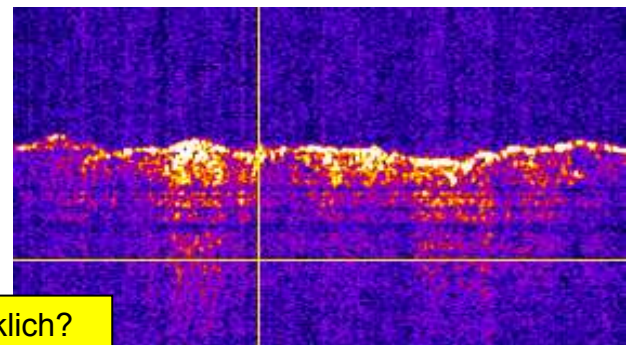
Mit der OCT Methode wird Schichtdickenmessung im Qualitäts-Management der gesamten Beschichtungsindustrie revolutioniert.

Beschichtungen aus Zementschlämme

Die Zementschlämme ist eine mineralische Beschichtung auf einen bestehenden Aussenputz bzw. auf einer Betonoberfläche.



Zementschlämme sind einfach auszuführende Beschichtungen. Die Anwendungen sind ähnlich wie bei Kalkfarbanstrichen. Ein zu schnelles Trocknen der Anstriche sollte wegen sich bildenden Schäden vermieden werden.



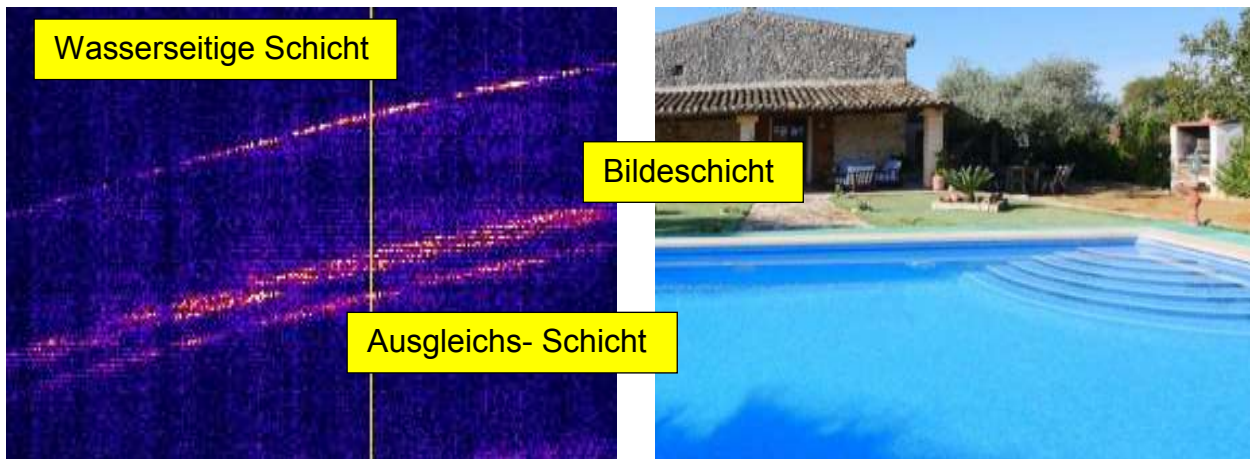
Gegenüber einer Kalkbeschichtung ist die Zementschlämme diffusionsdichter und behindert den Feuchtetransport von innen nach aussen viel weniger als die eine Farbbeschichtung. Diese Schlämme ist daher gut geeignet, um alte Zementaussenputze zu beschichten, damit die Eigenschaften des Putzes nicht verändert werden.

Messung der Schichtdicke auf Beton oder Kunststoff- Trägern

Zur Bestimmung der Schichtdicke wird ein allgemein bekannter Effekt ausgenutzt, der zum Beispiel bei Seifenblasen oder einem dünnen Ölfilm auf Wasser auftritt. Man sieht Farberscheinungen, die sich mit der Dicke der Schicht ändern.

Bei der Seifenblase beruhen die sich ergebenden Farben auf Interferenzerscheinungen, wo sich Lichtwellen von der Seifenschicht- Oberfläche und von der Rückseite der Seifenschicht konstruktiv (oder destruktiv) überlagern.

Nimmt man die OCT- Methode und misst auf einem Bauteil aus Kunststoff (Beton, Stein Glas oder Holz), so erkennt ebenfalls konstruktive oder destruktive Interferenz, die mit der Dicke der Schicht zu tun haben.



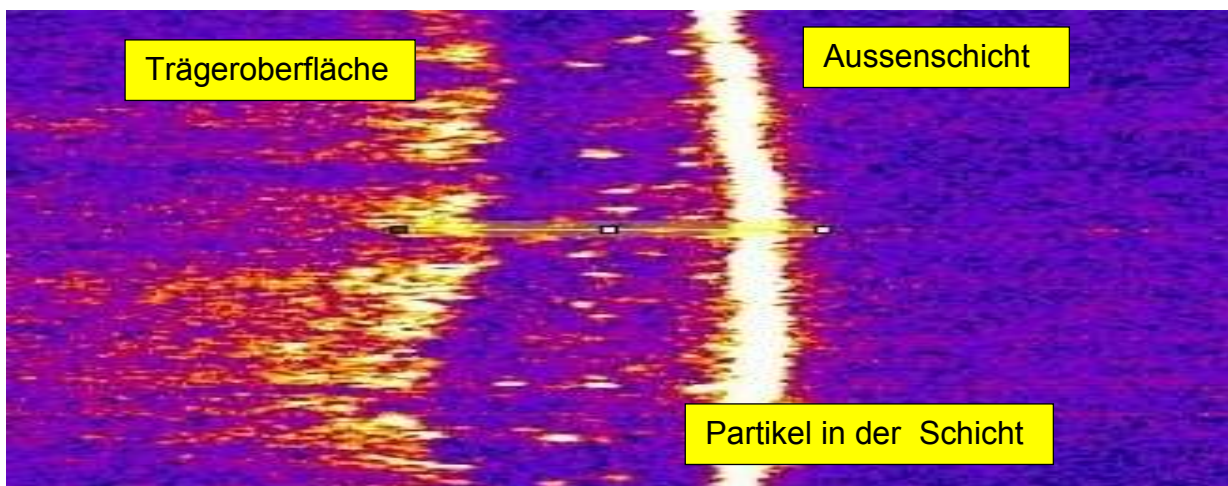
Wasserseitige Schicht

Bildeschicht

Ausgleichs- Schicht

Im Bild oben sind 4 Lichtfronten im Querschnitt der Beschichtung eines Swimmingpools erkennbar. Grundierung, Primer und der farbgebende, blaue Anstrich.

Das folgende OCT- Bild zeigt ein Bauteil aus Kunststoff, das mit einer „Grau Metallic-Farbe“ beschichtet ist. Aus dem zeitlichen Verlauf der Lichtfronten lässt sich die Dicke der interessierenden Schicht ermitteln.



Trägeroberfläche

Aussenschicht

Partikel in der Schicht

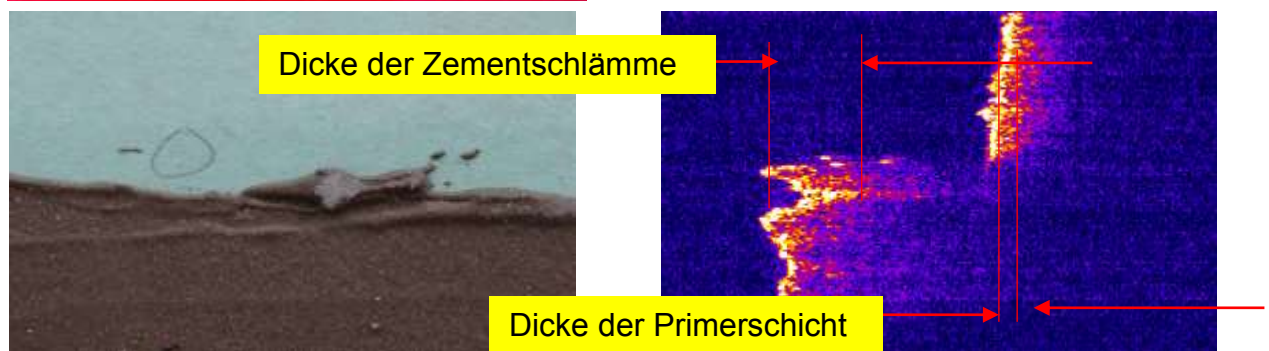
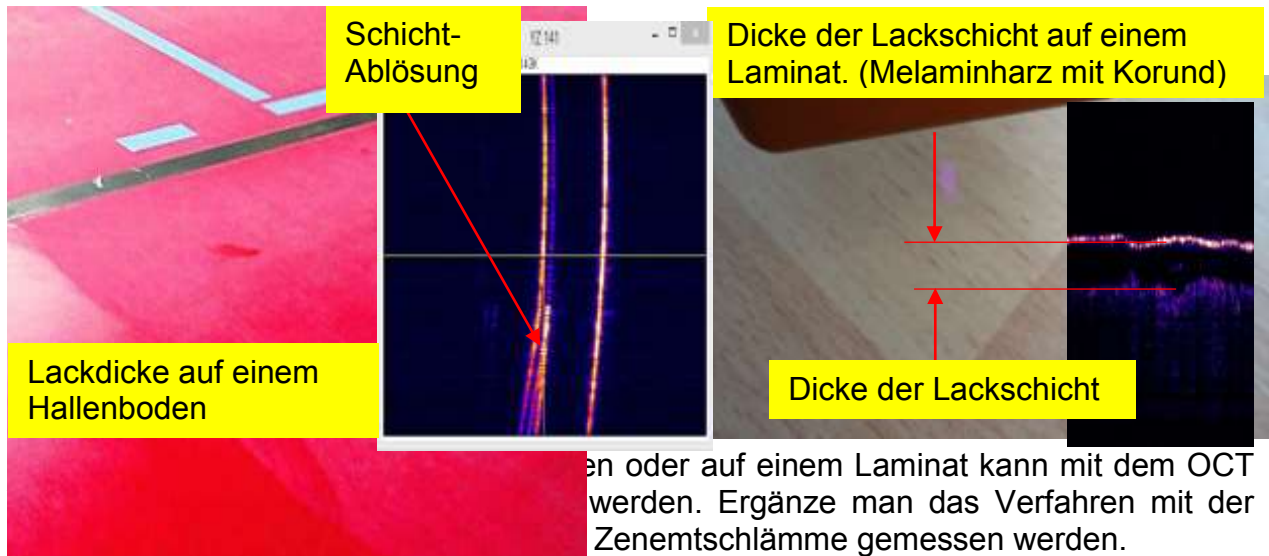
Ohne die OCT- Methode sind Messungen aus Kunststoffbauteilen nur zerstörend möglich. Dabei wird mit dem Keilschnittverfahren an wenigen Orten gemessen und auf die ganze Fläche geschlossen. Mit dem OCT Verfahren können viele Messungen vorgenommen werden, sodass eine repräsentative Übersicht der Dickenverteilung am Objekt erstellt werden kann.

Beschichtungen (Fassade, Dach, Betonbauteile) sind Stilmittel, Blickfang und Schutz in einem, weshalb diese durch ihre Eigenschaften überzeugen müssen. Ob die Beschichtung hydrophob und Wasserdampfdurchlässig ist, eine mineralische Optik hat oder sich durch hohe Deckkraft sowie Langlebigkeit auszeichnet, hängt entscheidend von der Verarbeitung ab.

Anwendung über Anwendung

Geht es nur um die berührungslose Messung der Dicke einer Lackschicht auf einem Industrieboden oder um die Dicke einer Folie zu vermessen, ist der zeitliche Anspruch an die Messung klein. Zur Lösung dieser Aufgabe können Sie Ihr Handy zu einem professionellen Schichtdickenmessgerät umbauen. Sie bauen die von uns ausgelegte optische Bank mit dem Adapter auf Ihr Smartphone und können mit der Arbeit starten.

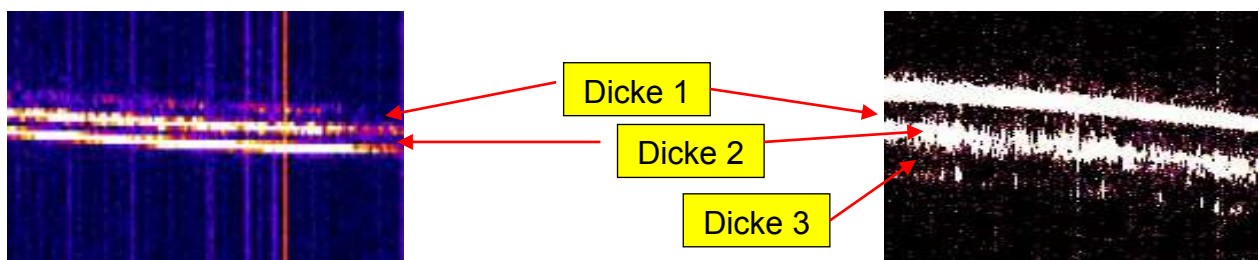
Die High speed Kamera in einem OCT- System liefert 1 Million Bilder pro Sekunde. Damit kann das darauf aufgebaute Verfahren auch in der laufenden Produktion eingesetzt werden. Geht es aber um die berührungslose Messung der Dicke einer Farb- oder Lackschicht oder um die Dicke einer Folie besteht kein hoher Anspruch an die Messzeit. In diesem Falle können Mess- und Inspektionsanlagen aus Standard-Bauteilen gebaut werden.



Mit der optischen Tomografie und den ergänzenden Methoden stehen erstmals moderne Werkzeuge zur Verfügung, mit dem sogar Fingerabdrücke zerstörungsfrei lokalisiert werden können. Dickenmessungen von (fast) allen Beschichtungsmaterialien sind auf (fast) allen Substraten möglich. Es stehen drei verschiedene, technisch wissenschaftlich untersuchte Methoden zur Verfügung die auf den Anwendungsfall abgestimmt zum Einsatz gelangen.

Messung der Schichtdicke auf Kunststoff- Trägern

Nimmt man nun das Zusatzmodul und misst auf einem Bauteil aus Kunststoff (oder auf Aluminium resp. Stahl), so erkennt man mit einem einzigen Lichtpuls alle Schichten auf dem Träger. In den folgenden Bilder sind 3 Lichtfronten auf einem beschichteten Träger aus Kunststoff dargestellt.



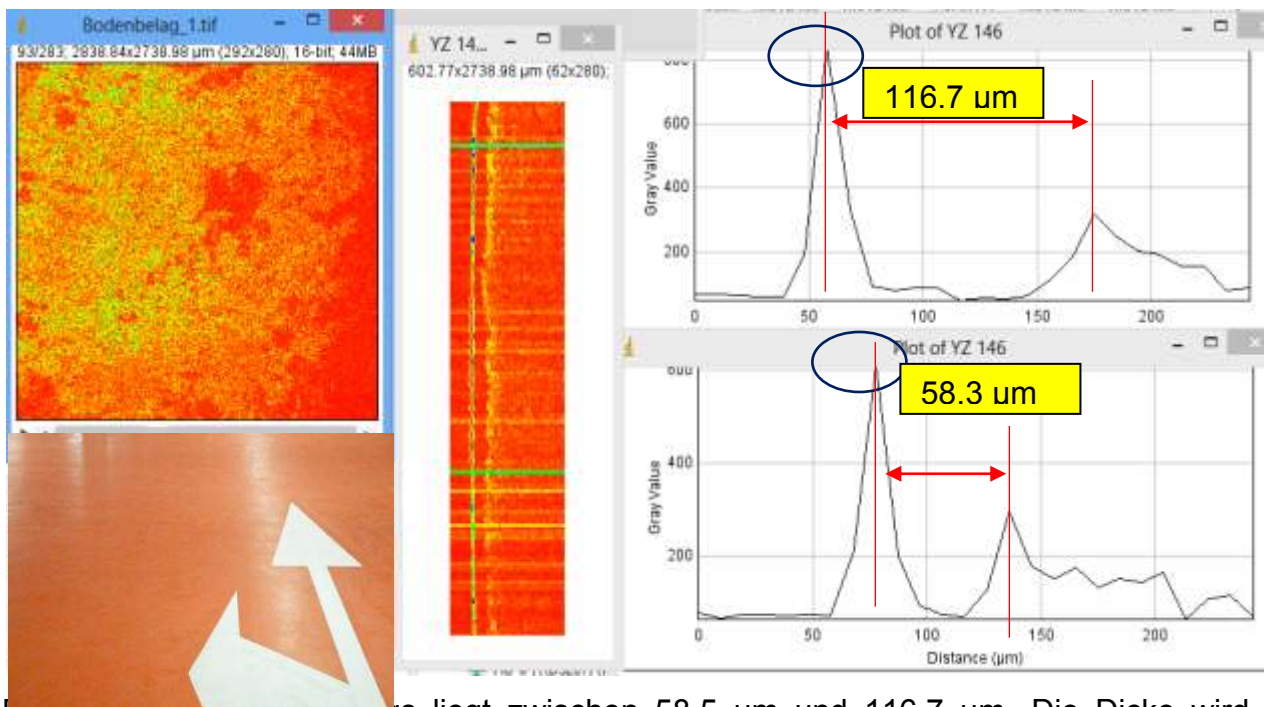
Die Schicht ist mit Metallic Teilchen gefüllt. Aus dem zeitlichen Verlauf der Lichtfronten lässt sich die Dicke der gesuchten Schicht ermitteln und es lassen sich folgende Fragen

beantworten:

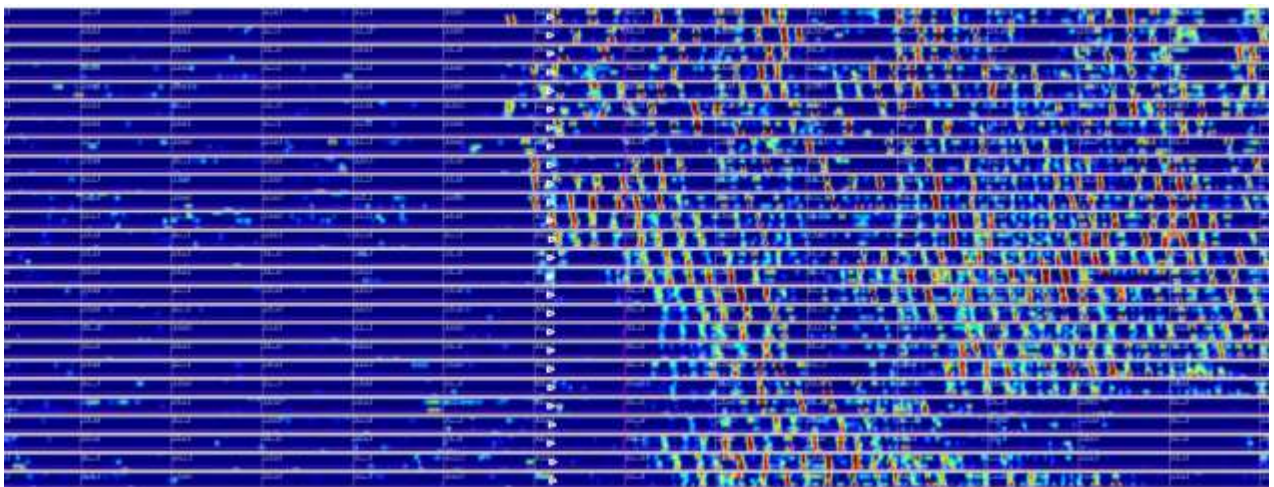
- Verbindet die Grundierung den Untergrund mit dem Beschichtungsmaterial?
- Entspricht die Wirkung den Vorstellungen?
- Ist die Schicht dick genug um Feuchtigkeits- oder Salzwanderung zu verhindern?
- Sind die Wasserdampfdurchlässigkeit oder der Qxidationsschutz beeinträchtigt?
- Ist die Fähigkeit, Risse im Bauteil elastisch zu überbrücken gewährleistet?

Epoxidharzbeschichtung auf einem Bodenbelag.

Ob die Dicke der Beschichtung auf einem Bodenbelag gemessen werden muss oder auf einem Bauteil aus Stein oder Kunststoff, spielt keine Rolle. Die von uns eingesetzten Verfahren erlauben die Messung der Schichtdicke und die Charakterisierung der Haftung auf allen Oberflächen.



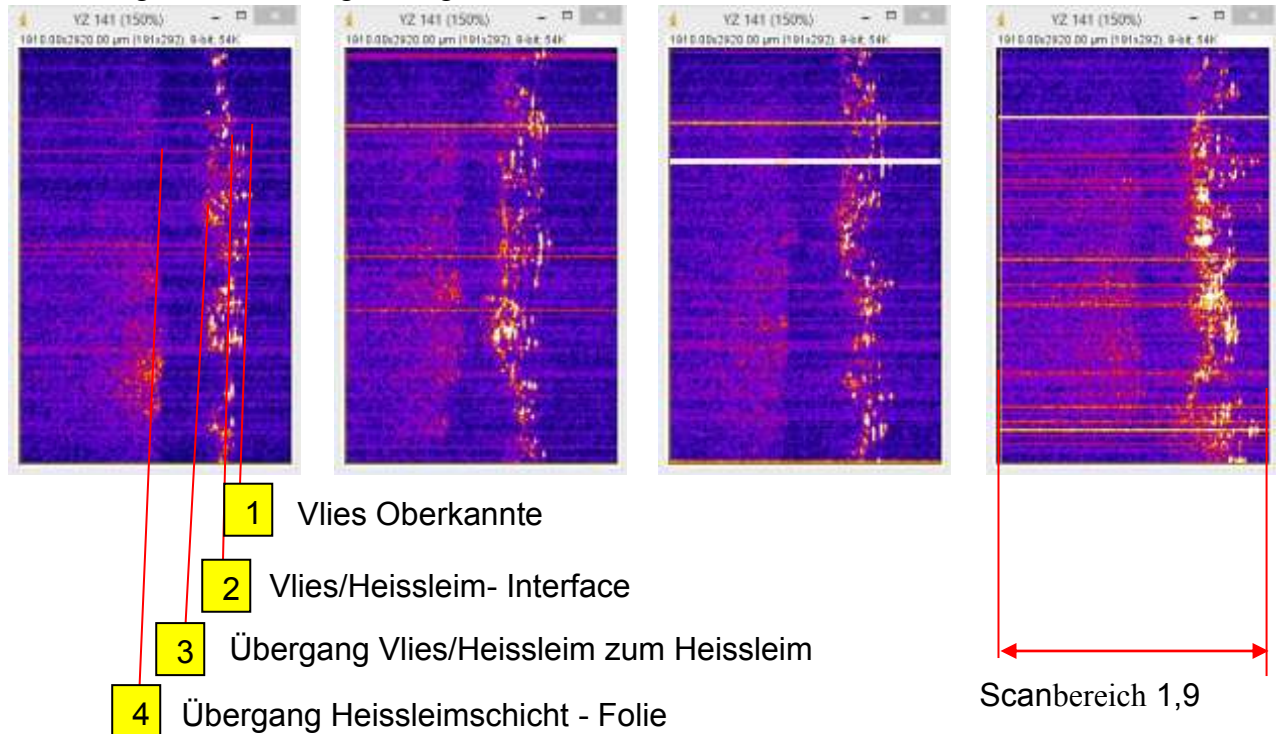
Die Dicke des Bodenbelags liegt zwischen 58,5 µm und 116,7 µm. Die Dicke wird zerstörungsfrei gemessen und kann auch großflächig kartiert werden.



Im Bild oben wurden die Unterschiede der Tiefenlage (Schichtdickenunterschiede) im Konstruktionsaufbau eines Bauteils flächenmässig (10 m * 3 m = 30 m²) erfasst und dargestellt. Die Tiefenlage ist farbig codiert. Rote Bereiche sind weniger tief als blaue Bereiche. Die Unterschiede in der Tiefenlage (oder in der Dicke der Beschichtung) werden auf diese Art und Weise augenfällig.

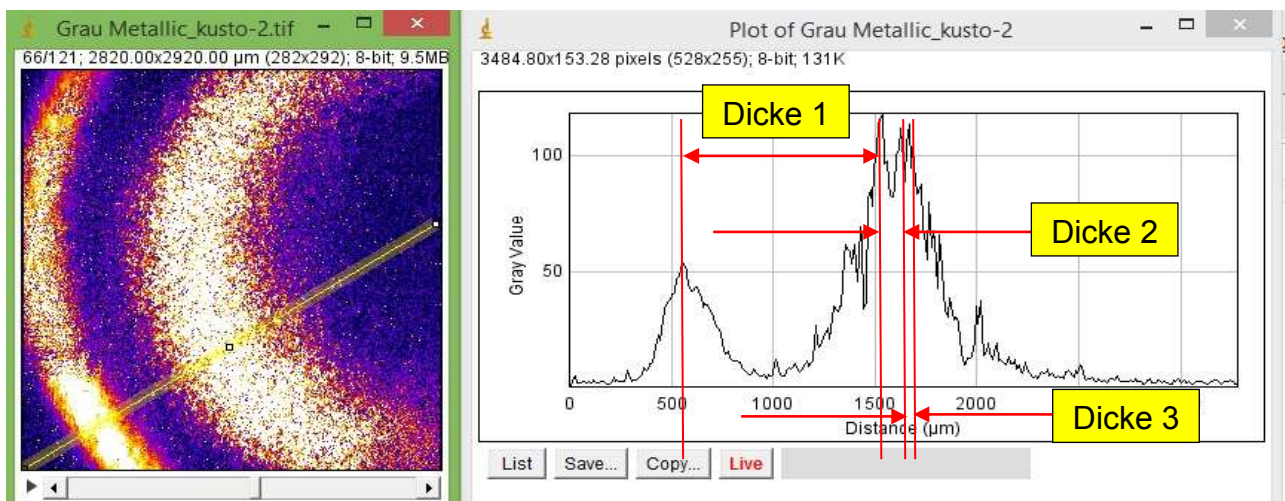
Schutzvlies- Einbettung

Wird ein Schutzvlies eingebettet stellt sich oft die Frage, ob die Haftschrift von Fasern durchdrungen wird, wie tief ein Vlies eingebettet ist oder wie die dick die minimale Haftschrift ist. Alle Fragen werden mit OCT Messungen beantwortet. Die minimale Dicke der Haftschrift sowie die Tiefe der Vlies- Einbettung und Fasern, welche die Haftschrift durchdringen, lassen sich zerstörungsfrei und reproduzierbar vermessen. Im Scanbereich von 1,9 mm werden 500 Bilder als Bilderstapel aufgenommen. Die Auflösung in z- Richtung beträgt in diesem Falle etwa 4 Mikrometer.



Graue Beschichtung mit Metallteilchen auf einem Kunststoffbauteil

Die Dicke der mehrlagigen Beschichtung auf Kunststoffbauteilen (drei Schichten) werden in einem Arbeitsgang gemessen.



Beschichtungen im Bauwesen (Fassade, Dach, Ziegel, Betonbauteile, Steinplatten, Keramikplatten, und vieles mehr) erfüllen eine definierte Funktionen. Sie sind , sind Stilmittel, Blickfang und Schutz in einem. Gerade die vielfältigen Anforderungen an die Beschichtung und deren Träger (Ästhetik, Rissüberdeckung, Wasserschutz, Diffusionsbremse, Wetterschutz, Oxidationsbarriere) erfordern Mittel, um die

Eigenschaften der Beschichtungen objektiv und reproduzierbar zu charakterisieren damit deren Funktion auch langfristig gewährleistet werden kann. Die Beschichtung hängt entscheidend von der Verarbeitung ab.

Ergänzende Verfahren

Um erfasste Ergebnisse zu bestätigen werden oft auch ergänzende Verfahren, nach Bedarf in Absprache mit der verantwortlichen Projektleitung eingesetzt. Durch die Kombination verschiedener Verfahren können aus den zerstörungsfrei erfassten Messdaten gesicherte Aussagen abgeleitet werden.

Es werden festgestellt:

- Dicke einer Schicht (Bitumen, Farbe, Lack)
- Dicke von Lackschichten auf Bodenbelägen
- Wasser zwischen der Tragkonstruktion und der Bitumenschicht
- Loslösung der Bitumenschicht
- Unregelmässige Dichte des Baustoffes
- Auswaschungen oder Hohlräume unter der Oberfläche
- Loslösungen oder Haftungsschwächen von Beschichtungen
- Lage von Spannkabeln und Position der Ankerköpfe von Spannstähen
- Porosität von Untergründen (Beton- Holz oder Steinmaterialien)
- Feststellen des Eindringvermögens von Beschichtungsmaterial in den Untergrund

Es spielt keine Rolle ob Sie Lacke, Harze Korrosionsschutzschichten, Bitumen, Asphalt, Betondicken oder Schichten, die mit Oxiden gefüllt sind, messen wollen. Mit den heute verfügbaren Verfahren (Optische Tomografie, Fotothermische Methode, Ultraschall, Kapazitives oder induktives Verfahren, Radarmethode, werden die Dicken aller Schichten zerstörungsfrei vom Mikrometer bis zu mehr als 1 Meter Dicke gemessen.

Interessenten erhalten den vollständigen Schadenkatalog auf Anfrage.