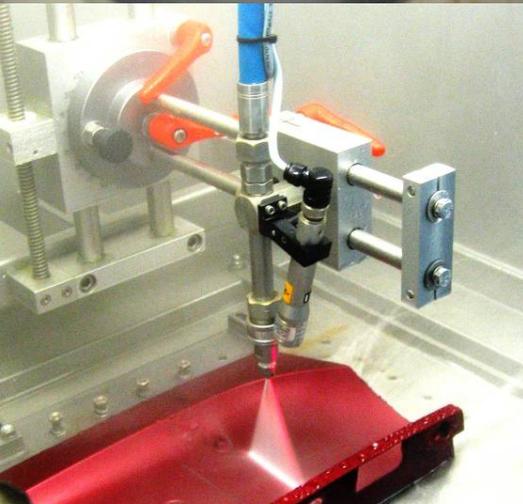
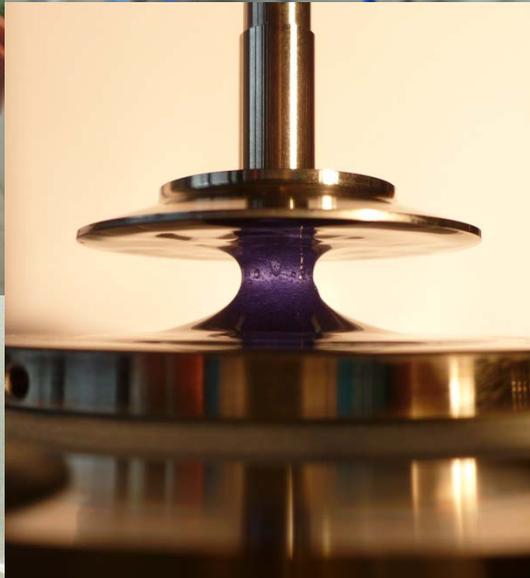
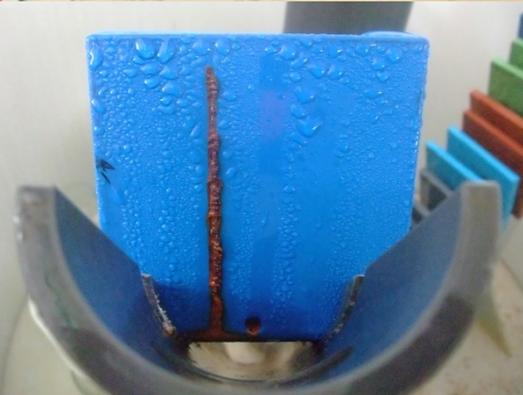


EINRICHTUNGEN ZUR PRÜFTECHNIK UND ANALYTIK

Abteilung Beschichtungssystem- und Lackiertechnik



Die Abteilung Beschichtungssystem- und Lackiertechnik

Die Abteilung Beschichtungssystem- und Lackiertechnik stellt die von der Industrie und der Wissenschaft erwarteten Problemlösungen, Innovationen und Dienstleistungen gezielt und zukunftsweisend bereit. Sie bildet die gesamte Prozesskette der Beschichtungstechnik ab: von der lackiergerechten Substratvorbehandlung, der Entwicklung neuer Lacksysteme und Lackrohstoffe, über die Lackapplikation bis zum Entwickeln, Modellieren und Simulieren von produktionsgerechten Beschichtungsprozessen und -anlagen einschließlich deren Umsetzung in die Praxis und die dazu gehörende Prüftechnik.

Die anwendungsorientierte Ausrichtung der Forschung und Dienstleistungen sowie die wettbewerbsneutrale Position der Abteilung Beschichtungssystem- und Lackiertechnik sind an den Zielen der Kunden orientiert und ermöglichen maßgeschneiderte Lösungen sowohl bei Projekten der Materialentwicklung, -optimierung und -anpassung als auch bei der Anlagenplanung und -optimierung.

Die variable Ausstattung unseres Oberflächentechnikums einschließlich Lackierrobotern ermöglicht praxisrelevante Untersuchungen zum Betriebsverhalten von Vorbehandlungs-, Applikations- und Trocknungseinrichtungen sowie deren Peripherie beim Einsatz unterschiedlicher Beschichtungsmaterialien.

Prozess- und Schadensanalysen in der Lacktechnik können schnell und konsequent unter Verwendung laufend weiterentwickelter Qualitäts- und Prüfmethoden mittels modernster Einrichtungen durchgeführt werden.

Mit unserer über 60 Jahre langen Erfahrung in der angewandten Forschung auf den Gebieten Lacke, Beschichtungsstoffe und Beschichtungen, deren Rohstoffe, wie Pigmente, Bindemittel, Additive, deren Anwendungen und Eigenschaften, der lackspezifischen Polymerchemie und Polymerphysik, der Lackiertechnik sowie der Technologie der damit im Verbund stehenden Substrat- und Vorbehandlungsmaterialien, sind wir weltweit eine der führenden Institutionen auf diesem vielfältigen und interdisziplinären Arbeits- und Fachgebiet.

In einem Netzwerk mit weiteren Fraunhofer-Instituten, der Universität Stuttgart und Max-Planck-Instituten bilden wir am Universitätscampus in Stuttgart-Vaihingen einen einzigartigen Verbund zur wissenschaftlichen und anwendungsbezogenen Bearbeitung des gesamten Arbeitsgebiets der Lack- und Oberflächentechnik.

Die seit vielen Jahren bestehende und intensive Zusammenarbeit mit Industriepartnern aus den lackverarbeitenden Branchen und der Anlagen-, Applikations- und Prüftechnik sichert uns einerseits den Praxisbezug der Forschung und andererseits auch die schnelle und wirtschaftliche Umsetzung unserer Ergebnisse.

Mit Forschungs- und Entwicklungsprojekten aus der Industrie und der öffentlichen Hand bauen wir unser umfassendes physikalisches, chemisches und ingenieurwissenschaftliches Verständnis der Prozesse in der Beschichtungstechnik stetig aus. Wir setzen unser Wissen über die Eigenschaften der Oberflächen und Werkstoffe mit der Anwendung der „richtigen Chemie“ der Beschichtungsstoffe über die Prozesstechnik der Applikation und Schichtbildung bis zur Prüfung und Simulation des Langzeitverhaltens der Beschichtung zielgerichtet um.

Für das Design von Beschichtungen auf Objekten, die Auswahl, Entwicklung und Applikationstechnik der Lacksysteme, den Serienbetrieb von Lackieranlagen und die anwendungsgerechte Prüftechnik für die Materialien, Prozesse und der beschichteten Objekte beantworten wir folgende Fragestellungen:

- Wie muss das Objekt lack- und lackiergerecht konstruiert werden?
- Welche Lack- und Beschichtungssystem-Technologien kommen objektbedingt überhaupt in Frage?
- Wie muss die Substratoberfläche für einen dauerhaften Schutz bzw. dauerhafte Funktion der Beschichtung vorbehandelt werden?
- Mit welchem Lack- bzw. Beschichtungssystemen kann eine den Anforderungen gerechte Beschichtung auf dem Objekt realisiert werden?
- Mit welchem umweltgerechten, wirtschaftlichen Verfahren kann das Beschichtungssystem prozesssicher appliziert und gehärtet werden?
- Sind alle Anforderungen, Qualitätsmerkmale und Prüfkriterien an Materialien und Prozesstechnik detailliert im Lastenheft erfasst?
- Ist die Serienherstellung anforderungsgerechter Beschichtungen durch die qualitäts- und prozessrelevante Prüftechnik in allen Stufen des Vorbehandlungs- und Beschichtungsprozesses abgesichert?
- Welche Betriebsstoffe und Einwirkungen können den Lackierprozess bzw. die Qualität der Beschichtung beeinträchtigen und welche Prüf- und Messtechniken kommen zur Fehlerdiagnose und zur Ursachenforschung im Lackierprozess zum Einsatz?

Diese und viele weitere Fragestellungen, z.B. auch im Rahmen von Planungs- und Optimierungsprojekten für lack- und lackiertechnische Prozesse, sind Schwerpunkte der Auftragsforschung unserer Abteilung mit den Kunden. Dabei umfasst unsere Expertise auch die Erstellung, Bewertung und Beurteilung von Beschichtungstechnologien und Rationalisierungspotenzialen bei der

- Erarbeitung von Spezifikationen,
- Durchführung von Beschichtungsversuchen,
- Durchführung von lackspezifischen Prüfungen sowie bei
- Personalschulung und -training.

Zielsetzung und Aufbau dieser Broschüre

Die Erwartungen an die Haltbarkeit und Dauerhaftigkeit der Funktionen von Beschichtungen sind, gemessen am Materialeinsatz im Vergleich zum zu schützenden Objektwerkstoff, enorm hoch. Verbunden mit der zunehmenden Vielfalt an dekorativen, Schutz- und Spezialfunktionen unter besonderer Berücksichtigung von Umwelt- und Nachhaltigkeitskriterien steigen auch die Herausforderungen an die Prüftechnik und Qualitätssicherung aller Stufen in der Prozesskette von den Rohstoffen über die Lacksysteme einerseits, den Substrateigenschaften und den Vorbehandlungs- und Beschichtungsprozessen andererseits. Für den Lackanwender ist daher der Weg vom anforderungsgerechten Lackmaterial zum fertigungssicheren und in möglichst engen Fenstern zu führenden Prozess der Lackverarbeitung, bei möglichst geringen Kosten, ein entscheidender wirtschaftlicher Faktor. Organische Beschichtungen auf allen denkbaren Untergründen müssen heute daher mit Fug und Recht als hochkomplexe Verbundwerkstoffe oder Stoff- bzw. Beschichtungs-Verbunde angesehen werden. Deshalb kann die Entwicklung der funktionsspezifischen Beschichtungssysteme und des applikationsgerechten Anlagen-Designs, insbesondere auch im Kontext zu Life-Cycle-Betrachtungen des Objekts, nur vom Standpunkt eines Gesamtsystems aus verstanden und damit wirtschaftlich und umweltgerecht bearbeitet werden.

Diese Broschüre stellt einen umfassenden Stand der Prüftechnik, der Untersuchungsmethoden und Dienstleistungen für die Lack- und Oberflächentechnik in der Abteilung Beschichtungssystem- und Lackiertechnik dar.

Dabei sollen einerseits Standardverfahren und moderne Verfahren für die Bewertung und messtechnische Erfassung von in der Praxis wichtigen Eigenschaften von Substratoberflächen, Lacken, Beschichtungsstoffen, der daraus hergestellten Beschichtungen sowie für lackierprozesstechnische Aspekte im breiten Anwendungsspektrum dargestellt werden. Andererseits soll diese Broschüre auch einen Einblick in wissenschaftliche Methoden geben, die zu einem für die Entwicklung neuer Beschichtungskonzepte notwendigen besseren Verständnis der Struktur-/Eigenschaftsbeziehungen von Lackrohstoffen, Substratmaterialien und Beschichtungen beitragen kann.

Diese Broschüre ist nach Sachgebieten entsprechend stofflichen Aspekten, wie Rohstoffen, Flüssiglacken, Pulverlacken, Beschichtungen und den Stufen in der Prozesskette der Lacktechnik gegliedert. Da sich auch die Mess- und Prüftechnik auf dem Gebiet der Lacktechnik stetig weiterentwickelt, enthält diese Broschüre sicher nicht alle, jedoch die wichtigsten Prüfmethoden für die jeweiligen Sachgebiete. Ein Stichwort- und Normenverzeichnis ermöglicht eine schnelle Auffindung der infrage kommenden Prüfmethode. Gerne erteilen wir auf Anfrage persönlich Auskunft über weitere Prüfmethoden an unserem Institut.

Ein Teil unserer Prüflaboratorien sind von der Deutschen Akkreditierungsstelle GmbH (DAkkS) nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiert. Die in diesen Kompetenzbereich fallenden Prüfverfahren sind entsprechend gekennzeichnet. Die Akkreditierungsurkunde sowie die Liste der zugehörigen Prüfverfahren befinden sich im Anhang dieser Broschüre.

Auf den letzten Seiten der Broschüre sind daher Kontaktadressen und Ansprechpartner für unsere angebotenen Dienstleistungen aufgeführt.

Inhalt

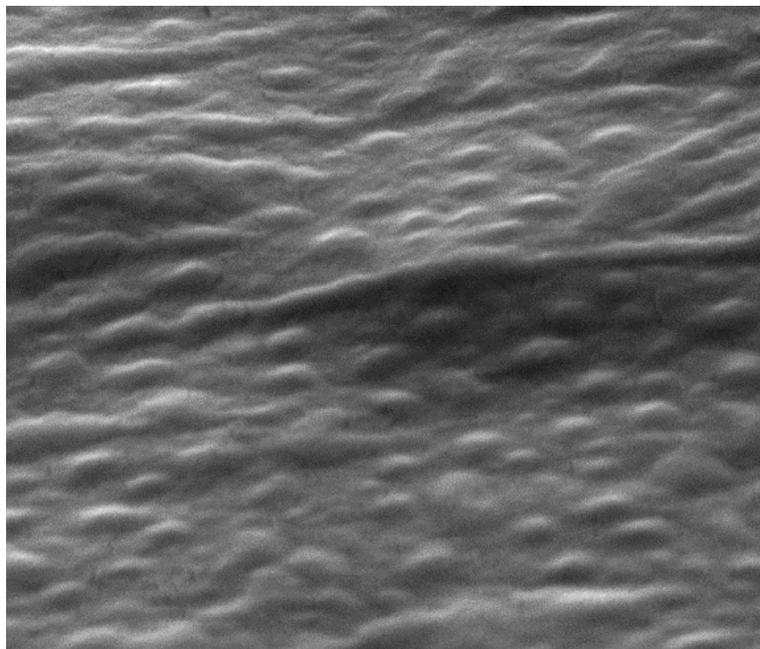
Prüfung von Substraten/Oberflächenanalytik	1
Oberflächenrauheit	2
Porosität von Vorbehandlungsschichten	3
Oberflächenreinheit/Oberflächenchemie	4
Oberflächenhärte	6
Oberflächenfeuchtigkeit	7
Morphologie von Oberflächen/Oberflächentopographie	7
Oberflächenenergie/Benetzbarkeit	9
Oberflächenwiderstand und -leitfähigkeit.....	11
Elektrochemische Methoden.....	11
Oberflächentemperatur/Thermografie	12
Transmission, Reflexion, Absorption/UV-Vis-NIR.....	13
Emissionsanalyse	14
Chemische Zusammensetzung.....	14
Prüfung von Vorbehandlungs- und KTL-Bädern	16
Überwachung von Vorbehandlungs-Badparametern.....	17
Überwachung von KTL-Badparametern	19
Prüfung von Flüssiglacken.....	20
Auslaufzeit.....	21
Rheologische Eigenschaften und Viskosität von Flüssiglacken.....	21
Deckvermögen/Ergiebigkeit/	22
Kontrastverhältnis	22
Verlauf und Ablaufneigung	23
Trockenzeit/Trockengrad	24
Mindestfilmbildetemperatur	24
UV-Härtung von Flüssiglacken/Druckfarben	25
Gehalt an nichtflüchtigen Anteilen/Festkörperanteil.....	25
Dichtebestimmung	25
pH-Wert	26
Wassergehalt – Karl-Fischer-Verfahren	26
Trübungsgrad	27
Acidität eines Lacksystems	27
Oberflächenspannung einer Flüssigkeit	27
Flammpunkt einer Flüssigkeit.....	28

Nassschichtdicke	29
Mahlfeinheit (Körnigkeit)	29
Elektrische Leitfähigkeit	30
Aufladbarkeit eines Flüssiglackes	30
Chemische Zusammensetzung	31
Glasübergangstemperatur, DSC, Vernetzung	32
Thermogravimetrie	32
Simultane Thermische Analyse (STA)	33
Prüfung von Pulverlacken	34
Schmelzpunkt von Feststoffen	35
Fluidisierbarkeit von Pulverlacken	35
Simultane Thermische Analyse (STA)	36
Korngrößen und -verteilung von Pulverlacken	37
Aufladbarkeit eines Pulverlackes	38
Schichtdicke von Pulverlacken	39
Oberflächenenergie von Pulvern	39
Prüfungen an Pulvern, Partikeln und Dispersionen	41
Teilchengrößenverteilung, -beweglichkeit und Zetapotential	42
Trübungsgrad	42
Spezifische Oberfläche nach BET, Porosität, Chemisorption	43
Photokatalytische Aktivität	43
NO _x - Abbau	44
Adsorption an dünnen Schichten- Quarzkristallmikrowaage	44
Prüfung von gehärteten Lacken/Beschichtungen	45
Haftfestigkeit von Beschichtungen	46
Haftung von Wuchtgewichten	48
Abrieb- und Kratzfestigkeit von Beschichtungen	49
Dynamisch-mechanische Analyse	52
Simultane Thermische Analyse (STA)	53
Innere Spannungen	53
Brennprüfung von Werkstoffen	54
Elastizität bei Deformation	54
Härte	56
Gleitfähigkeit	59
Elektrische Isolationsfähigkeit	59
Oberflächen- und Durchgangswiderstand	59
Dichtheit, Poren und Fehlstellen	60
Beständigkeit gegenüber Chemikalien und Quellbarkeit	60

Beständigkeit gegenüber Feuchtigkeit, Wasser	61
Temperatur-/Klimawechsel-Beanspruchung	63
Freibewitterung	65
Künstliche Bewitterung	65
Bestimmung der strahlungsinduzierten Radikalbildung	68
Photokatalytische Aktivität	68
Laserbeschriftbarkeit von Beschichtungen	68
Korrosionsbeständigkeit	69
Zyklische Korrosionsprüfungen	70
Wechseltest VDA 233-102 für Multi-Metall-Anwendung	71
Filiformkorrosion	72
Elektrochemische Methoden	72
Schutzwirkung (FPL-Kurzzeittest)	74
Kreidungsgrad	74
Trockengrad	75
Stapelfähigkeit	76
Appearance	76
Brillanz einer hochglänzenden Oberfläche	76
Glanz	77
Glitzer-Effekt	77
Glanzschleier/Haze	77
Farbe bzw. Farbabweichung	78
Mehrwinkelfarbmessung bei Metallics/Effektlacken	79
Transparenz	80
Transmission, Reflexion, Absorption/UV-Vis-NIR	80
Oberflächenrauheit und -welligkeit	81
Schichtdicke	82
Schichtaufbau/Schichtanalyse	84
Wasserdampf-/Sauerstoffpermeation/Barrierewirkung	85
Adsorption an dünnen Schichten	87
Prüfung von Lackierprozessen und lackiertechnischen Eigenschaften	88
Verarbeitungszeit/Topfzeit von Mehrkomponenten-Lacksystemen	89
Luftströmung	89
Auftragswirkungsgrad von Flüssig- und Pulverlacken	90
Ergiebigkeit	90
Sprühwolkenanalyse	91
Untersuchung von Lackapplikations- und Lackversorgungskomponenten	92
Lacktrocknung/-härtung	96

Lichtleistungsmessgeräte	98
Materialvolumenstrom	99
Luftfeuchtigkeit und Temperatur der Umgebung	100
Elektrische Feldstärke	100
Schichtdicke des nicht ausgehärteten Lackes	101
Lackverträglichkeit	101
Überlackierbarkeit von Beschichtungen	102
Elektrotauchlackierungen	103
Untersuchungen zum Umwelt- und Arbeitsschutz	104
Lärm	105
Abluft-Inhaltsstoffe	105
Wärme	106
Lösemittelkonzentration	106
Fehler- und Schadensanalyse in der Lack- und Oberflächentechnik	107
Mikroskopische Verfahren	110
Chemische Analyse	113
Physikalische Prüfmethode	118
Kontakte/Ansprechpartner	Fehler! Textmarke nicht definiert.
Stichwortverzeichnis	125
Normenverzeichnis	130
Akkreditierungsurkunde	132

Prüfung von Substraten/Oberflächenanalytik



Oberflächenrauheit

Mechanische Abtastung der
**Oberflächenrauheit mit dem Labor-
Tastschnitt-Messgerät**^{2,5,6}

Prüfnormen:

DIN EN ISO 4287, DIN EN ISO 4288, DIN EN
ISO 13565, DIN EN ISO 8503-4

Prüfgerät:

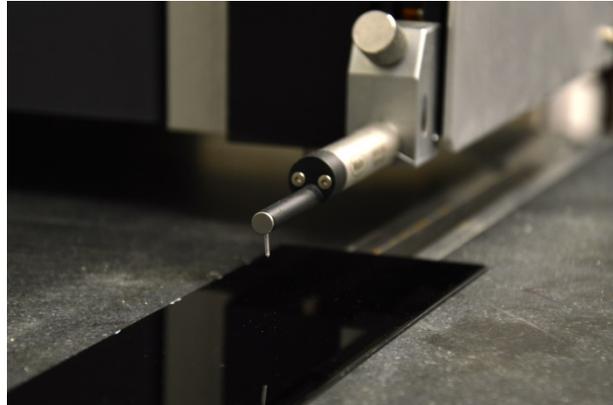
Tastschnitt-Messsystem

Auswertung:

Rauheitskenngrößen R_a , R_z , R_{max}

Wellentiefe W_t

Welligkeitskenngrößen W_a bis W_e



Mechanische Abtastung der
**Oberflächenrauheit mit dem mobilen
Tastschnittgerät**^{2,5}

Prüfnormen:

DIN EN ISO 4287, DIN EN ISO 4288, DIN EN
ISO 13565, DIN EN ISO 8503-4

Prüfgerät:

Mobiles Tastschnittgerät

Auswertung:

Rauheitskenngrößen R_a , R_z , R_{max}



Berührungslose Erfassung der Oberflächen-
morphologie, -topographie bzw. Rauheit
von Oberflächen mittels **optischem
Profilometer** - schließt die Lücke zwischen
Tastschnittverfahren und AFM⁴

Prüfnormen:

DIN EN ISO 4287, DIN EN ISO 4288, DIN EN
ISO 13565, DIN EN ISO 8503-4

Prüfgerät:

Profilometer MicroGlider/MicroProf

Auswertung:

3D-Oberflächencharakterisierung,

Rauheitskenngrößen für 1D: R_a , R_z , R_{max} ;

Rauheitskenngrößen für 2D: SR_a , SR_z , SR_{max}



Berührungslose Erfassung der Oberflächenrauheit und der Oberflächentopographie mittels der **Laser-Scanning-Mikroskopie**. Mithilfe der LSM werden durch die Kombination von Farbbild und hochaufgelöster Laser-Topographiemessung ein hochdetaillierteres 3D-Abbild des Messobjekts erzeugt^{2,4}

Prüfnormen:

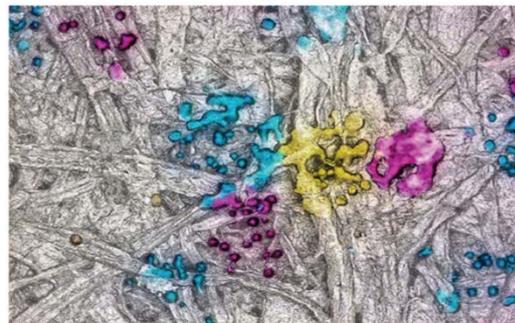
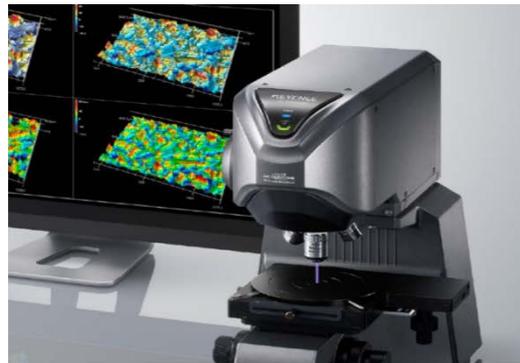
DIN EN ISO 4287, DIN EN ISO 4288, DIN EN ISO 13565, DIN EN ISO8503-40020

Prüfgerät:

Keyence VK-X250/X150

Auswertung:

3D-Oberflächencharakterisierung,
Rauheitskenngrößen für 1D: R_a , R_z , R_{max} ;
Rauheitskenngrößen für 2D: SR_a , SR_z , SR_{max}



Porosität von Vorbehandlungsschichten

Nachweis von nicht vorbehandelten Eisen-Zonen an Vorbehandlungsschichten, z.B. Zinkphosphatierungen, mit dem **Ferroxyltest**. Dabei reagiert Hexacyanoferrat mit dem Eisen des Grundwerkstoffes zu Berliner Blau.⁵

Prüfmittel:

Hexacyanoferrat-Testlösung und ggf. Mikroskop

Auswertung:

Visuelle Beurteilung der Prüffläche und Lokalisierung von Defekten als blaue Punkte



Nachweis von nicht vorbehandelten Eisen-Zonen an Vorbehandlungsschichten, z.B. Zinkphosphatierungen, mittels **Kupfersulfat-test** (Abscheidung von elementarem Kupfer auf freiliegender Grundwerkstoffoberfläche)⁵

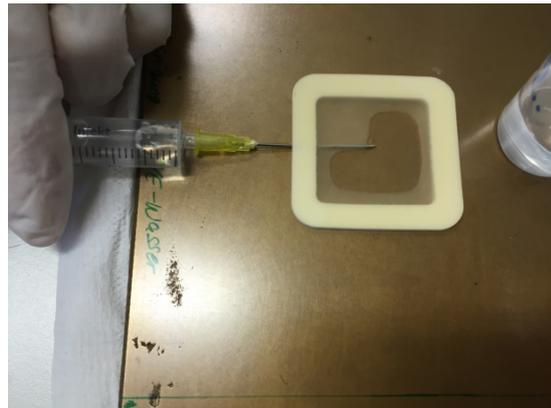


Prüfmittel:
Kupfersulfat-Testlösung und ggf. Mikroskop

Auswertung:
Visuelle Beurteilung der Prüffläche
(Abscheidung von elementarem Kupfer)

Oberflächenreinheit/Oberflächenchemie

Prüfung von Salzurückständen auf Substratoberflächen durch Abwaschen löslicher Salze und Bestimmung des Salzgehalts durch Leitfähigkeitsmessung (**Konduktometrie, Bresle-Test**)²



Prüfnorm:
DIN EN ISO 8502-6/DIN EN ISO 8502-9

Prüfgerät:
Konduktometer/ Digitales Leitfähigkeitsmessgerät

Auswertung:
Leitwert G [μS], Leitfähigkeit, Chloridgehalt in mg/m^2

Bestimmung von Schmutzpartikeln auf Oberflächen mittels **Klebeband-Abzug**⁵

Prüfnorm:
DIN EN ISO 8502-3

Prüfmittel:
Klebeband und Lupe

Auswertung:
Beurteilung der anhaftenden Rückstände auf dem Klebeband



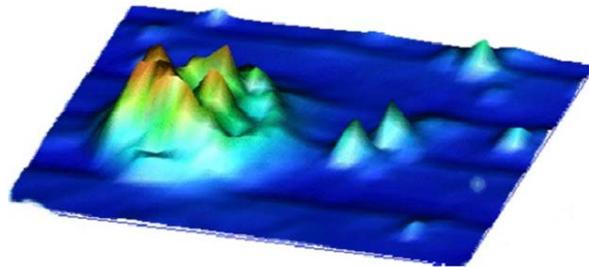
Infrarotmikroskopie

Analyse von Mikropartikeln mittels FT-IR-Mikroskopie^{1,6}

Prüfgerät:
FT-IR-Mikroskop

Methode:
Reflexion, Mikro-ATR, single point, multiple point, area map

Auswertung:
Infrarotspektrum
Transmission T [%] / Wellenzahl ν [cm^{-1}]



Particle inclusion in a polymer matrix

Infrarotspektroskopie

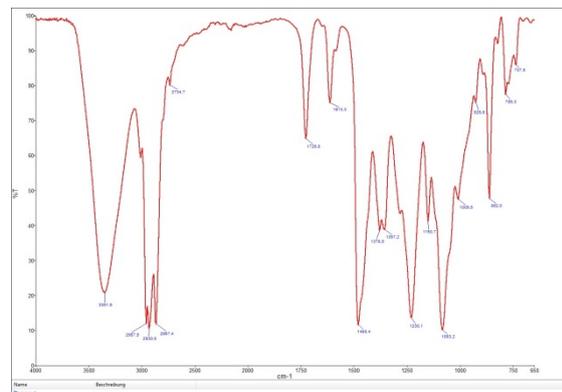
Bestimmung organischer Oberflächenrückständen und Verunreinigungen wie Öle, Fette, Silikone etc. mittels Infrarotspektroskopie (IR)^{1,6}

Prüfgerät:
FTIR-Spektrometer / NIR mit ATR-Einheit

Methode:
Messung im nahen (NIR) und mittleren (MIR) Infrarotbereich
ATR, Transmission, Mikrodiamant-Messzelle, Gasmesszelle

Auswertung:
Infrarotspektrum
Transmission T [%] / Wellenzahl ν [cm^{-1}]

Akkreditiertes Verfahren nach DIN EN ISO 17025



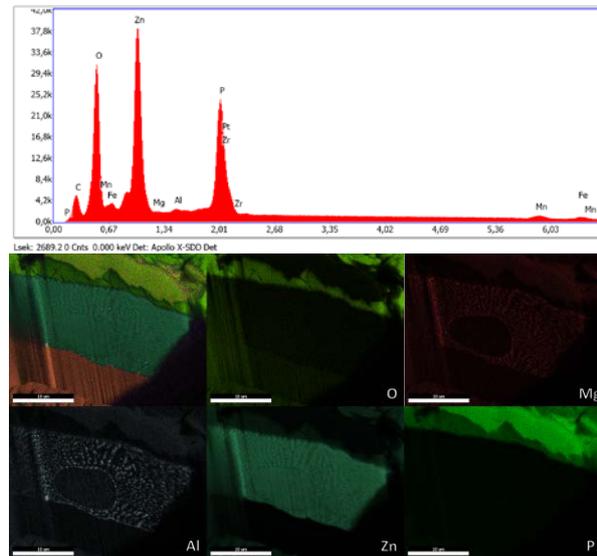
Bestimmung der Elementzusammensetzung und Elementverteilung der Oberfläche mittels **energiedispersiver Röntgenspektroskopie (EDX)**²

Prüfgerät:

Rasterelektronenmikroskop mit EDX - Analysensystem (REM/EDX)

Auswertung:

Element-Gew. [%] bzw. Atom-Gew. [%]
Elementverteilung durch Mapping



Oberflächenhärte

Bestimmung der **Martenshärte (Eindringhärte)**²

Prüfnormen:

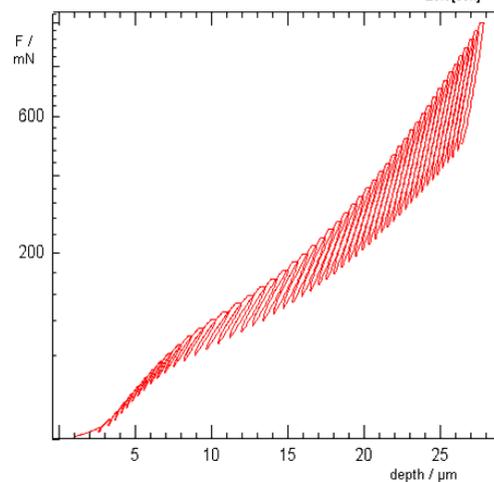
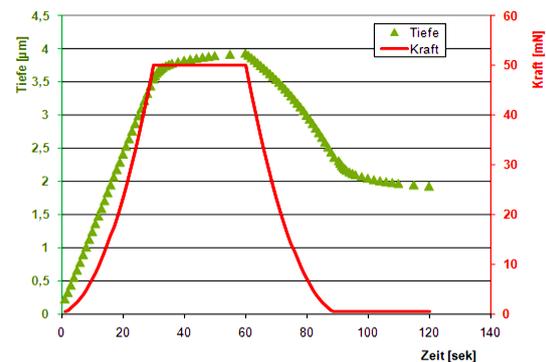
DIN EN ISO 14577, DIN EN ISO 4516, ASTM E 384

Prüfgerät:

Mikrohärte-Messsystem

Auswertung:

Eindringhärte H_{it} , Eindringtiefe t [μm],
Martenshärte HM [N/mm^2], Kriechen cr [%],
Kriechen nach Rücknahme der Prüfkraft cr_R [%],
Elastizitätsmodul E_{HU} [MPa],
elastischer Anteil der Verformungsenergie W_e [%],
plastischer Anteil der Verformungsenergie W_b [%],
Universalhärte nach Entlastung Hu_b [MPa]

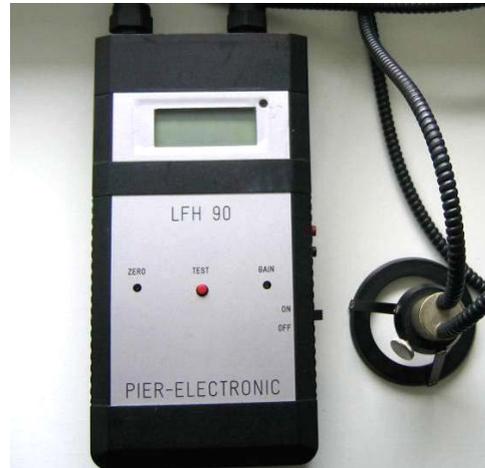


Oberflächenfeuchtigkeit

Feuchte-Bestimmung an der Oberfläche
mittels **Reflexionsfotometrie**⁵

Prüfgerät:
Reflexionsfotometer

Auswertung:
Relative Feuchte (r.F.) [%]



Morphologie von Oberflächen/Oberflächentopographie

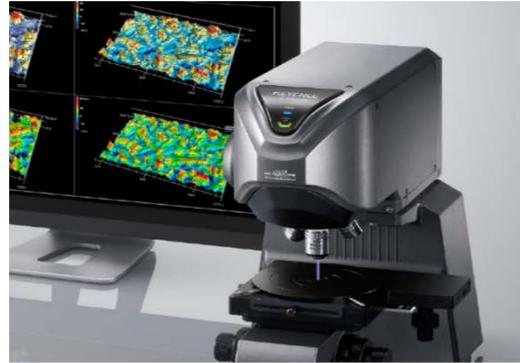
Bestimmung der Oberflächentopographie
mittels **Mikroskopie**^{2,5}

Prüfgerät:
Digitalmikroskop mit bis zu 5000-facher
Vergrößerung

Auswertung:
Vergrößerte Abbildung der Oberfläche mit
vielen verschiedenen Abbildungskontrasten,
3D-Darstellung der Oberfläche, 3D-
Profilmessung



Berührungslose Erfassung der Oberflächenrauheit und der Oberflächentopographie mittels der **Laser-Scanning-Mikroskopie**. Mithilfe der LSM werden durch die Kombination von Farbbild und hochaufgelöster Laser-Topographiemessung ein hochdetaillierteres 3D-Abbild des Messobjekts erzeugt^{2,4}



Prüfnormen:

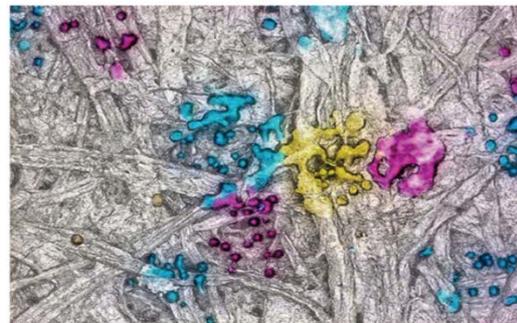
DIN EN ISO 4287, DIN EN ISO 4288, DIN EN ISO 13565, DIN EN ISO8503-40020

Prüfgerät:

Keyence VK-X250/X150

Auswertung:

3D-Oberflächencharakterisierung,
Rauheitskenngrößen für 1D: R_a , R_z , R_{max} ;
Rauheitskenngrößen für 2D: SR_a , SR_z , SR_{max}



Bestimmung der Oberflächentopographie mittels hochauflösender **Rasterelektronenmikroskopie**²

Prüfgerät:

REM Helios Nano-Lab

Auswertung:

Topografieaufnahme, Materialkontrastbild der Oberfläche und Elementanalyse mit EDX



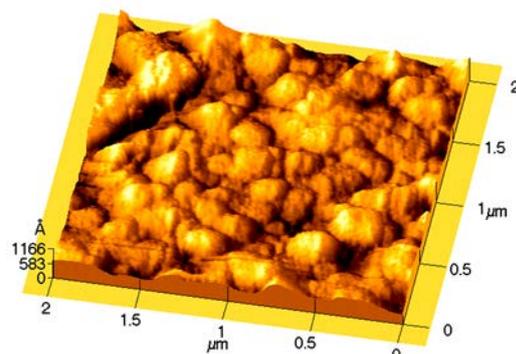
Bestimmung der Oberflächentopographie und Oberflächenhärte mittels **Rasterkraftmikroskopie** (Atomic Force Microscopy)²

Prüfgerät:

Rasterkraftmikroskop (AFM)

Auswertung:

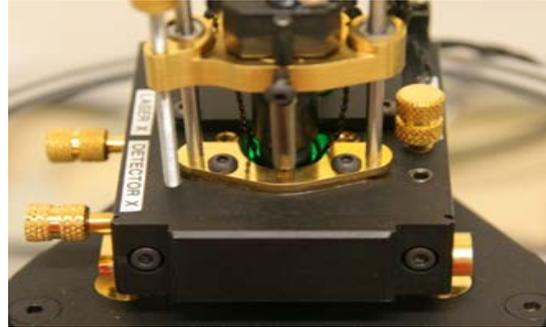
Oberflächentopographie; Kraft-Abstands-Kurve; Bestimmung der lokalen Härte



Untersuchungen mit der **Raster-Kelvin-Sonde**²

Prüfgerät:
Raster-Kelvin-Sonde/AFM (SKP-FM)

Auswertung:
Oberflächenpotenzial und Kapazitäten in
Sub-Mikrometer Ortsauflösung,
Oberflächentopographie



Oberflächenenergie/Benetzbarkeit

Bestimmung der Oberflächenenergie mittels
des Benetzungsverhalten verschiedener
Testflüssigkeiten
(**Union Carbide Methode**)^{2,5}

Prüfmittel:
Testtinten, Teststifte

Auswertung:
Oberflächenspannung/-energie [mN/m]



Messen der Zeit bis zum Wasserfilmabriss
(**Wasserablauftest**)⁵

Prüfmittel:
Behälter mit Prüfflüssigkeit

Auswertung:
Visuelle Beurteilung des Wasserfilms, Zeit t [s]



Mobilgerät zur Bestimmung der Benetzung mittels **Kontaktwinkel-Methode**¹

Kontaktwinkelmessungen an dreidimensionalen Bauteilen, z.B. im Produktionsprozess, Messungen vertikal und an kleinen Proben

Prüfnorm:

In Anlehnung an DIN EN 828

Prüfgerät:

Mobiles Kontaktwinkelmessgerät, MSA

Methode:

Sessile drop; 2 Prüfflüssigkeiten bekannter Oberflächenspannung

Auswertung:

Bestimmung der Gesamtoberflächenenergie sowie der polaren und dispersen Anteile in [mN/m]



Kontaktwinkel-Methode^{1,2}

Prüfnorm: DIN EN 828

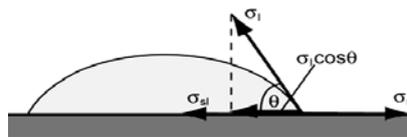
Prüfgerät:

Optisches Kontaktwinkelmessgerät, OCA 40/Micro

Methode: Sessile drop; 2-4 Prüfflüssigkeiten bekannter Oberflächenspannung

Auswertung:

Bestimmung der Gesamtoberflächenenergie sowie der polaren und dispersen Anteile [mN/m]

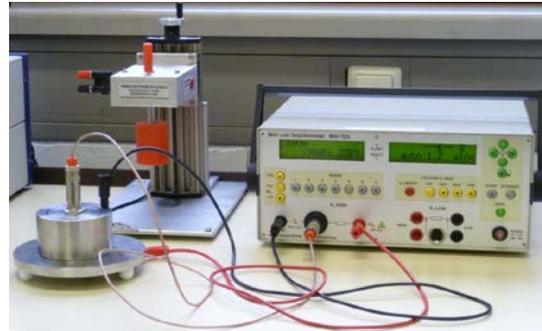


Oberflächenwiderstand und -leitfähigkeit

Widerstandsmessung zwischen zwei auf der Substratoberfläche angebrachten definierten Elektroden^{2,4}

Prüfnormen:
DIN EN 1149, DIN IEC 60167

Prüfgerät:
Leitfähigkeitsmessgerät/Gleichstrom-Widerstandsmessgerät mit Ringelektrode

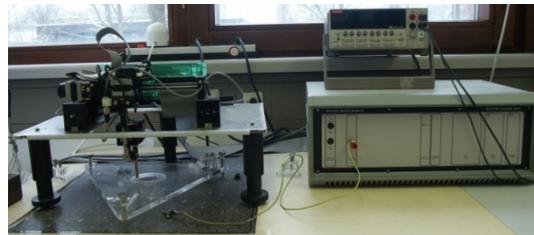


Auswertung:
Oberflächenwiderstand R [Ω], Strom I [A]

Elektrochemische Methoden

Ortsaufgelöste Beurteilung der **Korrosionsstabilität und Delaminationsresistenz** von beschichteten Substraten²

Prüfgerät:
Raster-Kelvin Sonde

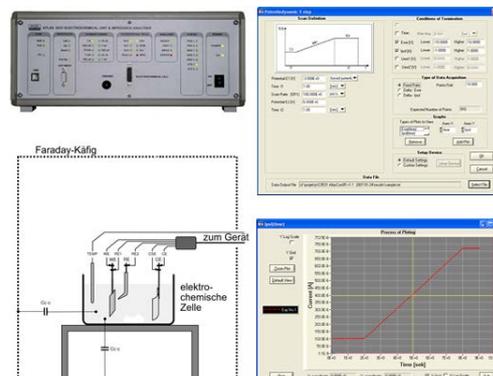


Auswertung:
Elektrochemisches Potenzial; Berührungslose, ortsaufgelöste Ermittlung der elektrochemischen Potentiale (Elektronenaustrittsarbeit) und der Oberflächentopographie

Bestimmung von **Korrosionspotenzialen** sowie von **kapazitiven und resistiven Eigenschaften** von (vorbehandelten) Substraten²

Prüfgerät: B
Elektrochemische Workstation

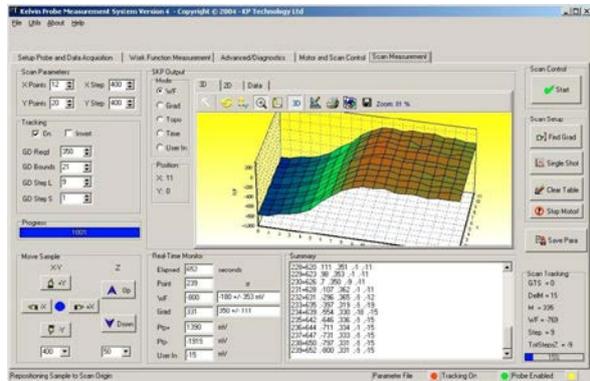
Auswertung:
Ermittlung von Strom/Spannungskurven, polarographischen Daten, Impedanzspektren und der Reversibilität elektrochemischer Prozesse



Ortsaufgelöste Beurteilung der **Korrosionsstabilität und Delaminationsresistenz** von beschichteten Substraten²

Prüfgerät:
Raster-Kelvin Sonde mit topographischer Korrektur

Auswertung:
Elektrochemisches Potenzial; Berührungslose, ortsaufgelöste Ermittlung der elektrochemischen Potenziale (Elektronenaustrittsarbeit) und der Oberflächentopographie



Oberflächentemperatur/Thermografie

Berührungslose Bestimmung der Oberflächentemperatur mit dem **IR-Verfahren**^{2,5}

Prüfgerät:
IR-Thermometer/Infratherm IN5 plus, Pyrometer für T -32 bis 900 °C, Voltkraft IR-350

Auswertung:
Temperatur T [°C], IR-Emissionsgrad



Bestimmung der Oberflächentemperatur mit dem **Kontakt-Verfahren**^{2,5}

Prüfgerät:
ALMEMO-Messgerät mit Thermoelementfühler

Auswertung:
Temperatur T [°C]



Bestimmung und Visualisierung der Objekttemperatur bzw. des -temperaturverlaufs mittels **Thermografie** (Passive Thermographie)^{4,5}

Prüfgerät:
Wärmebildkamera, NIR-Wärmebildkamera Xeva 935 (0,9 μm – 1,7 μm)

Auswertung:
Thermografische Bilder bzw. Filme



Passive und aktive Thermographie (**Puls- und Lockin-Thermografie**)⁴

Prüfgerät:
MIR-Wärmebildkamera SC 6000 (3 μm - 5 μm)

Auswertung:
Thermographische Bilder bzw. Filme, qualitative und quantitative Beurteilung von Fehlstellen in verschiedenen Materialien



Bestimmung des **Oberflächentemperaturverlaufs**⁵

Prüfgerät:
Ofenschreiber

Auswertung:
Temperaturverlauf T [°C] / t [min]



Transmission, Reflexion, Absorption/UV-Vis-NIR

Bestimmung von **UV-Vis-NIR-Transmission**, Reflexion und Absorption von Oberflächen⁴

Prüfgerät:
UV-Vis-Spektrophotometer Lambda 900
 λ : 250 nm – 2500 nm

Auswertung:
Transmission [%], Reflexion [%],
Absorption [%]



Emissionsanalyse

Emissionsanalysen für Kunststoff-Interieur-Bauteile.

Bei diesem Verfahren wird die Masse des Materials, das sich auf der Folie während des Tests angesammelt hat, mit Hilfe einer gravimetrischen Waage gemessen⁵

Prüfnormen:
DIN 75201; PV 3015

Prüfgerät:
Fogging-Test-System AC-FTS 200-230 V/50-60 Hz

Auswertung:
Gravimetrische Messmethode



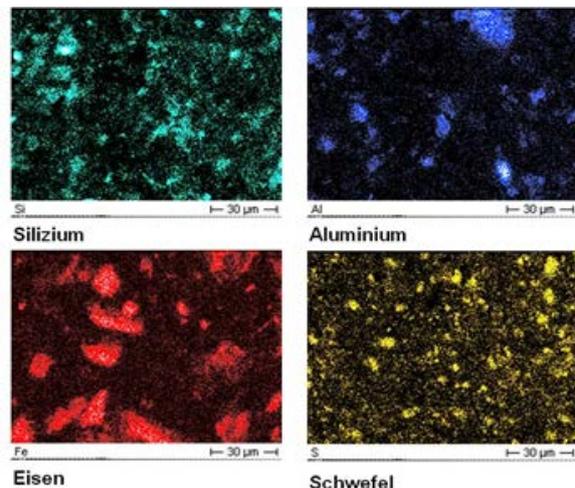
Chemische Zusammensetzung

Rasterelektronenmikroskopie und Röntgenanalyse²

Untersuchung der chemischen Zusammensetzung der (Substrat)-Oberfläche durch elementspezifische Detektion bei hoher Ortsauflösung

Prüfgerät:
Rasterelektronenmikroskop/Energiedispersive Röntgenspektroskopie (REM/EDX)

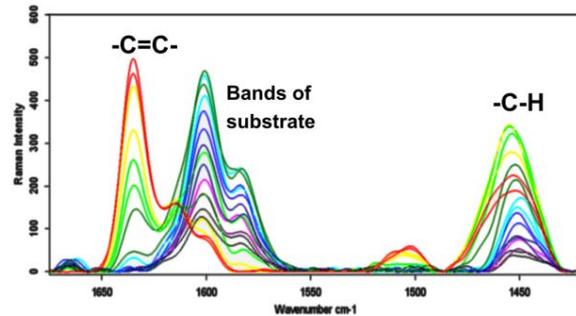
Auswertung:
Element-Verteilung in Masse- oder Atom-%, Elementverteilung durch Mapping. Unterscheidung anorganischer (z.B. Pigmente) und organischer Bestandteile (z.B. Bindemittel) möglich



Analyse von Lackoberflächen und Beschichtungen mittels **konfokaler Ramanspektroskopie**²

Prüfgerät:
Konfokales Ramanspektrometer

Auswertung:
Analyse des Ramanspektrums durch Zuordnung der Absorptionsbanden



Analyse von Lackoberflächen und Beschichtungen mit der **Infrarotmikroskopie**¹

Prüfgerät:
Spotlight 200

Methode:
Reflexion, Mikro-ATR, single point, multiple points, area map

Auswertung:
Analyse des IR-Spektrums durch Zuordnung der Absorptionsbanden



Infrarotspektroskopie

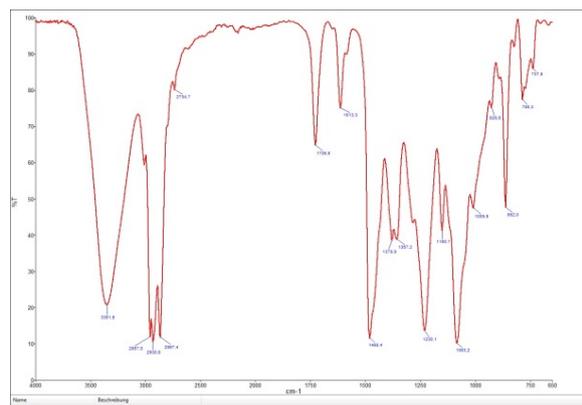
Bestimmung der Zusammensetzung von Flüssiglacken, Beschichtungen, Substraten, Betriebsmitteln und Bindemitteln¹

Prüfgerät:
FTIR-Spektrometer / NIR mit ATR-Einheit

Methode:
Messung im nahen (NIR) und mittleren (MIR) Infrarotbereich
ATR, Transmission, Mikrodiamant-Messzelle, Gasmesszelle

Auswertung:
Infrarotspektrum
Transmission T [%] / Wellenzahl ν [cm^{-1}]

Akkreditiertes Verfahren nach DIN EN ISO 17025



Prüfung von Vorbehandlungs- und KTL-Bädern



Überwachung von Vorbehandlungs- Badparametern

Bestimmung der **Leitfähigkeit**²

Prüfgerät:
Konduktometer

Auswertung:
Leitwert G [μS]



Bestimmung des **pH-Wertes**²

Prüfgerät:
pH-Meter

Auswertung:
pH-Wert



Bestimmung der dynamischen
Oberflächenspannung von Flüssigkeiten nach
dem **Blasendruck-Verfahren**⁷

Prüfgerät:
Tensiometer

Auswertung:
Oberflächenspannung σ [mN/m], [dyn/cm]



Bestimmung von Badverschmutzungen wie z.B. Ölbelastung mit der **UV-Fluoreszenz-Methode**⁷

Prüfgerät:
UV-Fluoreszenzmessgerät

Messgrößen:
Intensität von Fluoreszenzlicht



Onlinemessung der **Oberflächenspannung von Flüssigkeiten** z.B. zur Bestimmung der Tensid-konzentrationen⁷

Prüfgerät:
Online-Tensiometer

Messgrößen:
Oberflächenspannung von Flüssigkeiten [mN/m], Temperatur [°C]



Onlinemessung der **Dichte von Flüssigkeiten** z.B. zur Bestimmung des Festkörpergehaltes^{1,7}

Prüfgerät:
Dichtesensor

Messgrößen:
Dichte [g/cm³], Temperatur [°C]



Onlinemessung des **pH-Wertes und des Redoxpotentials** z.B. zur Bestimmung des MEQ-Wertes⁷

Prüfgerät:
Potentiometer

Messgrößen:
pH-Wert, Redoxpotential, Ionenselektive Elektroden z.B. Ni, Zn



Onlinemessung des **Licht-Brechungsindex in Flüssigkeiten** z.B. zur Bestimmung der organischen Lösemittelkonzentration⁷

Prüfgerät:
Refraktometer

Messgrößen:
Licht-Brechungsindex in Flüssigkeiten [Brix],
Temperatur [°C]



Überwachung von KTL-Badparametern

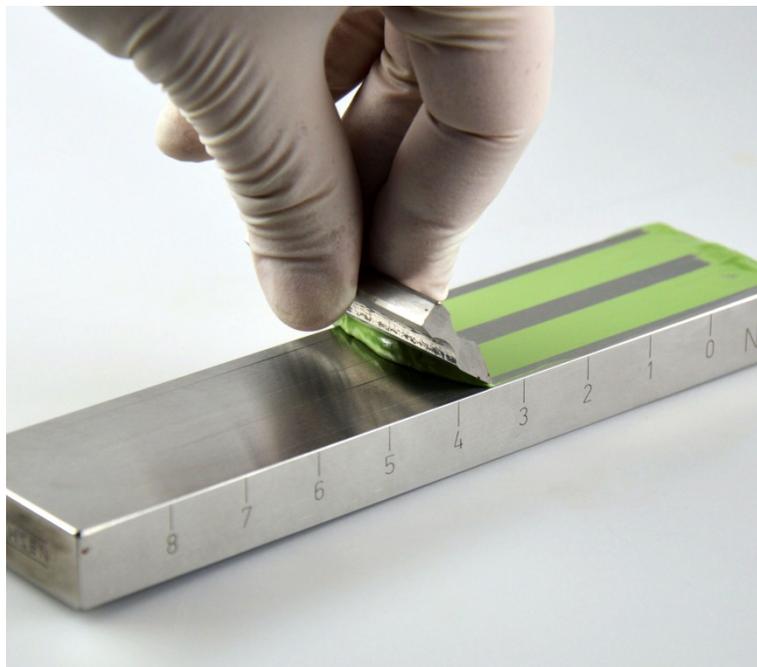
Bestimmung des Gehalts an **Festkörper, Asche und Lösemittel** sowie des **MEQ-Wert, des elektrischen Leitwertes** und des **pH-Wertes**^{1,7}

Prüfgerät:
Fraunhofer IPA-Badüberwachungseinheit

Auswertung:
Badkomponenten-Gehalt [%] oder [ml], pH-Wert, Leitwert G [μ S]



Prüfung von Flüssiglacken



Auslaufzeit

Bestimmung der Auslaufzeit mit
Auslaufbechern^{2,5}

Prüfnorm:
DIN EN ISO 2431

Prüfgeräte:
DIN- und ISO-Auslaufbecher,
Temperierungseinheit, Stoppuhr

Auswertung:
Auslaufzeit t [s], Auslaufbecher-Type und
Durchmesser [mm]



Rheologische Eigenschaften und Viskosität von Flüssiglacken

Bestimmung der Viskosität mittels
Rotationsviskosimetrie^{1,2,6}

Prüfnormen:
DIN 53019, DIN EN ISO 2884-1

Prüfgerät:
Rotationsviskosimeter-Messsystem

Auswertung:
Fließ- oder Viskositätskurve;
Geschwindigkeitsgefälle D [s^{-1}], Dynamische
Viskosität η [$Pa \cdot s$]



Bestimmung rheologischer Eigenschaften von Lacken und anderen flüssigen Medien mit der **Oszillationsrheometrie**, Bestimmung der Langzeitstabilität von Dispersionen^{1,2}

Prüfgeräte:

Rotationsviskosimeter UDS 200
Rotationsviskosimeter MCR 301

Methode:

Platte-Kegelsysteme: MK 22, MK 24
Platte/Platte Systeme: MP 31, MP 50
Rotations- und Oszillationsmodus; Sprung-Versuche;
Messung von UV-härtenden Lacken mit einer UV-Belichtungseinheit (mit UDS 200)

Auswertung:

Viskosität, Fließgrenze, Speicher- und Verlustmodul (G' und G''), T_g , etc.



Deckvermögen/Ergiebigkeit/ Kontrastverhältnis

Bestimmung des **Deckvermögenswertes** von pigmentierten Lacksystemen nach dem farbmetrischen Verfahren/Bestimmung der auf die Fläche eines Substrats bezogenen Lackmenge, die zur deckenden Beschichtung notwendig ist^{2,5,6}

Prüfnorm:

DIN 55987, DIN EN ISO 4618

Prüfgeräte:

Farbmessgerät, Kontrastuntergrund

Auswertung:

Deckvermögenswert D_v [m^2/l] bzw. D_m [m^2/kg]; Ergiebigkeit [m^2/l] oder [m^2/kg]



Bestimmung des **Kontrastverhältnisses** von hellen Beschichtungen bei einer festgelegten Ergiebigkeit^{2,5}

Prüfnorm:
DIN EN ISO 6504-3

Prüfgeräte:
Spektro(photo)meter, Aufziehgeräte, Analysen- Waage, Kontrastuntergrund

Auswertung:
Kontrastverhältnis Y_b/Y_w [%]



Bestimmung des **Festkörpervolumens**^{2,5}

Prüfnorm:
DIN EN ISO 3233-2

Prüfgeräte:
Analysenwaage, Testbleche

Auswertung: Trockenfilmdichte, Festkörpervolumen, Berechnung der theoretischen Ergiebigkeit



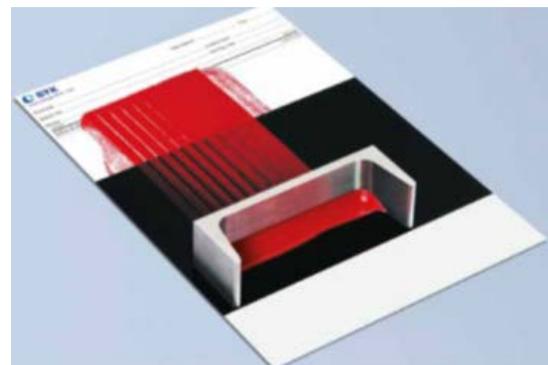
Verlauf und Ablaufneigung

Bewertung der **Widerstandsfähigkeit gegen Ablaufen**⁶

Prüfnorm:
DIN EN ISO 16862

Prüfgerät:
Gestufte Filmzieh-Rakel; Rheologie: Sprungversuch oder mittels Spritzlackieren auf Blechen mit anwendungsbezogenen Strukturen

Auswertung:
Schichtdicke in [μm]; Güte des Verlaufs



Trockenzeit/Trockengrad

Trockenzeit^{2,5}

Prüfnorm:
ASTM D 5895

Prüfgerät:
Trockenzeitmessgerät „Dying recorder“

Auswertung:
Visuelle Beurteilung der Nadelspur und
Einteilung der Trockengrade nach der Zeit



Prüfung der Oberflächentrocknung nach dem **Glasperlen-Verfahren**^{2,5}

Prüfnorm:
DIN EN ISO 9117-3

Prüfmittel:
Glasperlen („Ballotini“), Haarpinsel

Auswertung:
„oberflächentrocken“ [ja/nein];
Oberflächentrocknungszeit t [min]

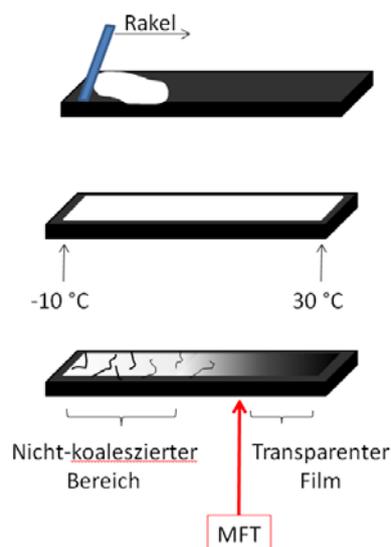


Mindestfilmbildetemperatur

Messung der **Mindestfilmbildetemperatur** (MFT) von Dispersionslacken, Dispersionsfarben und wasserverdünnbaren Bindemittel-Dispersionen²

Prüfgerät:
Temperatur-Gradienten-Prüfgerät, Thermo-Kryostat

Auswertung:
Mindestfilmbildetemperatur (MFT) T [°C]



UV-Härtung von Flüssiglacken/Druckfarben

UV-Härtung von Lacken/Druckfarben¹

Geräte:

Filmziehrakeln, Spritzapplikationsgeräte,
Minicure-Anlage, wahlweise unter Inertgas
betreibbar



Gehalt an nichtflüchtigen Anteilen/Festkörperanteil

Bestimmung nach dem **gravimetrischen
Verfahren**^{2,5}

Prüfnormen:

DIN EN ISO 3251, DIN EN ISO 3233-2

Prüfgeräte:

Wärmeschrank, Analysenwaage, Exsikkator

Auswertung:

Festkörpergehalt nfA [Masse-%]



Dichtebestimmung

Dichtebestimmung mittels
Pyknometer/Aräometer^{2,5}

Prüfnormen:

DIN EN ISO 2811-1, DIN EN ISO 2811-2, DIN
EN ISO 8130-3

Prüfgeräte:

Metallpyknometer, Glaspknometer oder
Aräometer, Vakuumpumpe, Waage

Auswertung:

Dichte ρ [g/ml]



Digitales Messgerät für die
Dichtebestimmung von Flüssigkeiten¹

Prüfgerät:
Tragbares Dichtemessgerät DA -100M

Prüfnorm:
DIN EN ISO 15212-1, DIN EN ISO 2811-3

Methode:
Dichtemessung nach der Biegeschwinger –
Methode



pH-Wert

Bestimmung des **pH-Wertes²**

Prüfgerät:
pH-Meter

Auswertung:
pH-Wert



Wassergehalt – Karl-Fischer-Verfahren

Quantitative Bestimmung des Wassergehalts mit der **Karl-Fischer-Titration** und thermischer Probenvorbereitung sowie **volumetrische und coulometrische Titration¹**

Prüfmittel:
Karl-Fischer-Titrator

Auswertung:
Wassergehalt von wenigen Mikrogramm bis
100%



Trübungsgrad

Trübungsgrad von Dispersionen⁴

Prüfgerät:
Hi 93703 Trübungsmessgerät (HANNA Instruments)

Auswertung:
Formazin, nephelometrische Einheiten



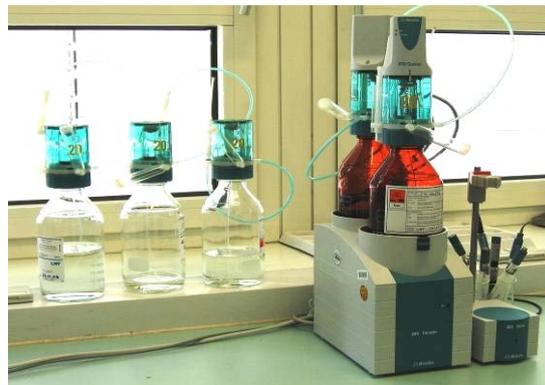
Acidität eines Lacksystems

Bestimmung mit dem **titrimetrischen Verfahren**¹

Prüfnormen:
DIN EN ISO 2114; DIN EN ISO 15880

Prüfgeräte:
Titrando, Analysenwaage

Auswertung:
Säurezahl SZ [mg KOH/g], Säuregehalt [%]



Oberflächenspannung einer Flüssigkeit

Bestimmung der dynamischen Oberflächenspannung nach dem **Blasendruck-Verfahren**⁷

Prüfgerät:
Tensiometer

Auswertung:
Oberflächenspannung σ [mN/m], [dyn/cm]

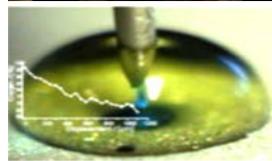


Messung mit der **Pendant-Drop** (hängender Tropfen)-Methode^{1,2}

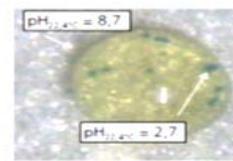
Prüfnorm:
DIN EN ISO 828

Prüfgerät:
Optisches Kontaktwinkelmessgerät (OCA 40/Mirco)

Auswertung:
Oberflächenspannung σ [mN/m] und
Ermittlung der dispersen und polaren Anteile



O₂ concentration gradient within a water droplet



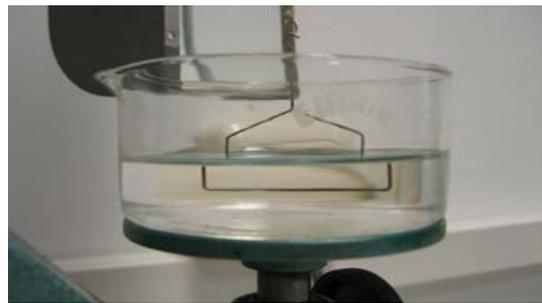
pH resolution within a w. droplet

Gesamtoberflächenspannung von Flüssigkeiten^{1,2}

Prüfgerät:
Krüss

Methode:
Ringabreißmethode (de Noüy),
Plattenmethode nach Wilhelmy

Auswertung: Oberflächenspannung σ [mN/m]



Flammpunkt einer Flüssigkeit

Messung der **Temperatur beim Entflammen der Dämpfe** einer Flüssigkeit infolge Fremdzündung²

Prüfnormen:
DIN EN ISO 1516, DIN EN ISO 1523, DIN EN ISO 2719, DIN EN ISO 3679

Prüfgerät:
Flammpunktprüfgerät nach Pensky-Martens

Auswertung:
Flammpunkt ϑ [°C]



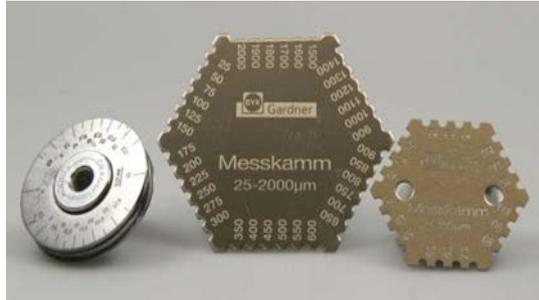
Nassschichtdicke

Bestimmung der **Nassschichtdicke** (NSD) von aufgetragenen Lacken²

Prüfnormen:
DIN EN ISO 2808

Prüfgeräte:
Messkamm oder Messrad

Auswertung:
Nassschichtdicke NSD, wft (wet film thickness) [μm]



Mahlfeinheit (Körnigkeit)

Bestimmung der **Mahlfeinheit/Körnigkeit** (Dispergiertüte) von Flüssiglacken²

Prüfnormen:
DIN EN ISO 1524, ASTM D 1210, ASTM D 1316

Prüfgerät:
Grindometer nach Hegman

Auswertung:
Mahlfeinheit/Körnigkeit-Wert nach Rinnentiefe [μm]



Elektrische Leitfähigkeit

Bestimmung der **elektrischen Leitfähigkeit**⁶

Prüfnorm:
DIN EN ISO 15091, ASTM D 5682

Prüfgerät:
Leitfähigkeitsmessgerät

Auswertung:
Leitfähigkeit [$\Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$]



Aufladbarkeit eines Flüssiglackes

Bestimmung der Aufladbarkeit von Lösemittel- Lacksystemen mittels **Time-Domain-Reflektometrie** (TDR)⁷

Prüfgerät:
Alpha TDR-5000 Dielectric Constant Meter

Auswertung:
Dielektrizitätskonstante K, relative Permittivität ϵ_r



Chemische Zusammensetzung

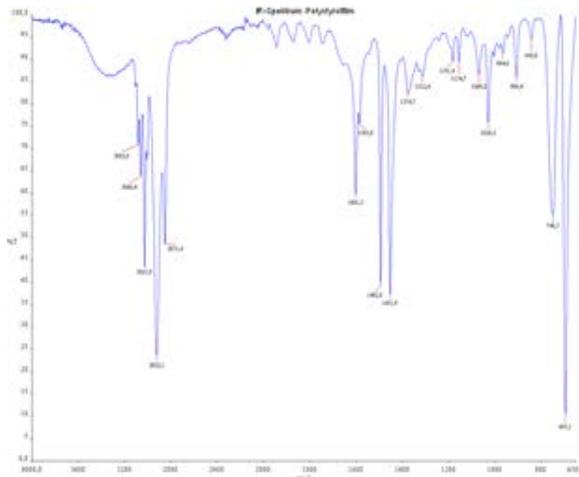
Bestimmung der Zusammensetzung von Flüssiglacken mit der **Infrarotspektroskopie (FT-IR)** ¹

Prüfgerät:
Spectrum one

Methoden:
ATR, Transmission, Mikrodiamant-Messzelle, Gasmesszelle

Auswertung:
IR-Spektrum, Analyse der chemischen Zusammensetzung von Lackkomponenten

Akkreditiertes Verfahren nach DIN EN ISO 17025

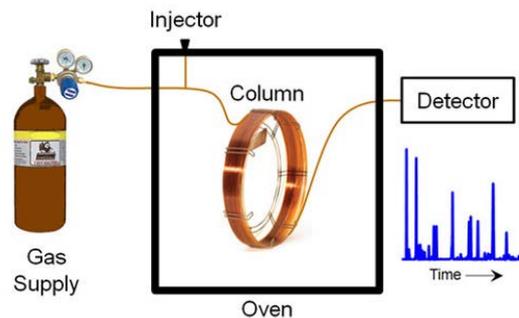


Gaschromatographie mit Massenspektrometer-Kopplung (GC-MS) ¹

Prüfgerät:
Clarus 600 GC/MS

Methoden:
Headspace, Headspace Trap, Thermodesorptionssystem, Direkteinspritzung

Auswertung:
Trennung und Identifizierung flüchtiger organischer Komponenten



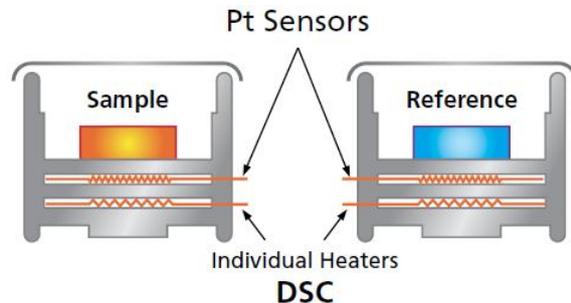
Glasübergangstemperatur, DSC, Vernetzung

Differenzialthermoanalyse / **Differential Scanning Calorimetry** (DSC), UV-DSC¹

Prüfgeräte:
DSC 7, DSC 8500 mit
photokalorimetrischem Zubehör

Auswertung:
Bestimmung von Schmelztemperaturen,
Glasübergängen (T_g),
Vernetzungsreaktionen und weiteren
Effekten, die mit einer Änderung der
Wärmekapazität einhergehen

Akkreditiertes Verfahren nach DIN EN ISO
17025



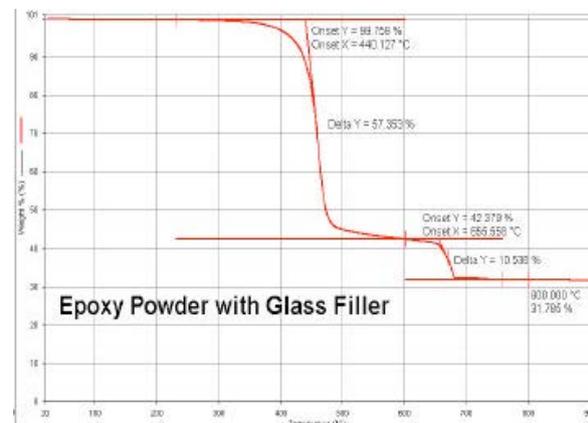
Thermogravimetrie

Thermogravimetrie, thermogravimetrische
Analyse (TGA)¹

Prüfgerät:
Thermowaage Pyris 1 TGA

Auswertung:
Bestimmung temperaturabhängiger
Massenänderungen aufgrund von
Verdampfungen, Zersetzungen
(Oxidation/Reduktion)

Akkreditiertes Verfahren nach DIN EN ISO
17025



Simultane Thermische Analyse (STA)

Gleichzeitige Dynamische Differenzkalorimetrie (DSC) und Thermogravimetrische Analyse (TGA) an Farben, Beschichtungen, Polymeren, Fasern und Pulvern²

Prüfnorm:
ISO 11357

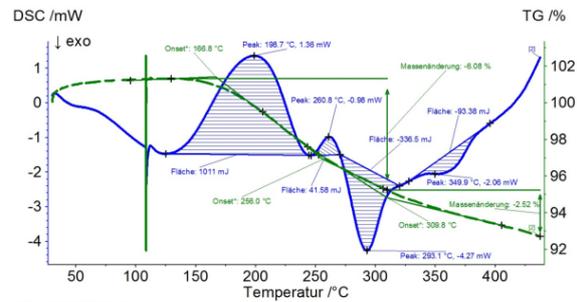
Messmodi:

Bestimmung der Massenänderung (Absolut, Prozentual) (TGA), Änderungen der Wärmekapazität (DSC) als Funktion der Temperatur oder Zeit, Temperaturbereich : -100 ° C bis +600 ° C, Kontrollierte Atmosphäre, wie Stickstoff oder Luft-Sauerstoff, Kontrollierte Feuchtigkeit zur Messung der Wasseraufnahme

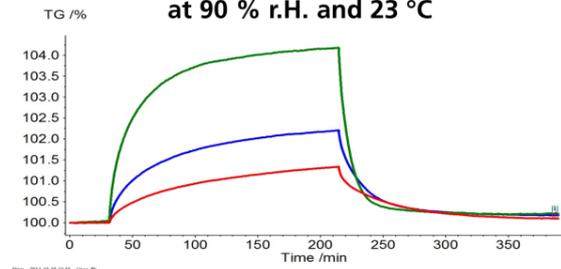
Auswertung:

Bestimmung von Massenänderungen als Funktion der Temperatur, Zeit oder Feuchtigkeit, Charakterisierung der thermophysikalischen Eigenschaften (Kristallisation, Schmelzen, Glasübergang, Wärmekapazität, Zersetzung) von Polymeren, Prozesssimulation (chemische Reaktionen, Trocknungsvorgänge), Bestimmung der thermischen und/oder oxidativer Stabilität, Zersetzungskinetik, Zusammensetzung von Polymer Blends, Feuchteaufnahme und des Pigment / Füllstoff-Gehaltes

STA- Analysis of a special surface treated pigment



Water absorption of different coatings at 90 % r.H. and 23 °C



Prüfung von Pulverlacken



Schmelzpunkt von Feststoffen

Bestimmung des **Schmelzpunktes und –bereiches** von Pulverlacken und anderen Feststoffen¹

Prüfnormen:
DIN EN ISO 4625-1, DIN EN ISO 4625-2

Prüfgerät:
Kofler Heizbank

Auswertung:
Schmelztemperatur bzw. –bereich T [°C]



Fluidisierbarkeit von Pulverlacken

Messung der Höhe des Pulvers im Behälter während und nach der **Fluidisierung** und der Auslaufzeit durch eine festgelegte Öffnung⁷

Prüfnorm:
DIN EN ISO 8130-5

Prüfgerät:
SAMES-Fluidimeter

Auswertung:
Fluidisierhöhe h [cm], Auslaufzeit t [s]



Simultane Thermische Analyse (STA)

Gleichzeitige Dynamische Differenzkalorimetrie (DSC) und Thermogravimetrische Analyse (TGA) an Farben, Beschichtungen, Polymeren, Fasern und Pulvern²

Prüfnorm:
ISO 11357

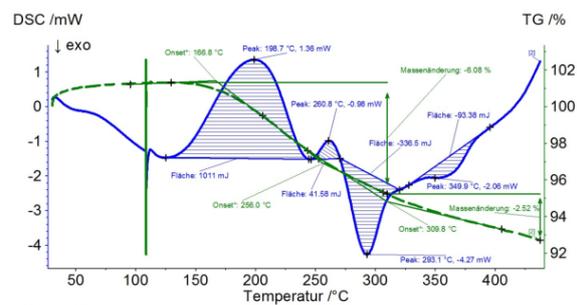
Messmodi:

Bestimmung der Massenänderung (Absolut, Prozentual) (TGA), Änderungen der Wärmekapazität (DSC) als Funktion der Temperatur oder Zeit, Temperaturbereich : -100 ° C bis +600 ° C, Kontrollierte Atmosphäre, wie Stickstoff oder Luft-Sauerstoff, Kontrollierte Feuchtigkeit zur Messung der Wasseraufnahme

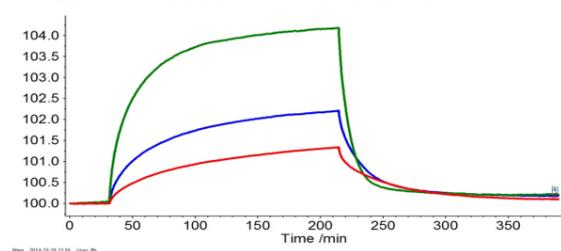
Auswertung:

Bestimmung von Massenänderungen als Funktion der Temperatur, Zeit oder Feuchtigkeit, Charakterisierung der thermophysikalischen Eigenschaften (Kristallisation, Schmelzen, Glasübergang, Wärmekapazität, Zersetzung) von Polymeren, Prozesssimulation (chemische Reaktionen, Trocknungsvorgänge), Bestimmung der thermischen und/oder oxidativer Stabilität, Zersetzungskinetik, Zusammensetzung von Polymer Blends, Feuchteaufnahme und des Pigment / Füllstoff-Gehaltes

STA- Analysis of a special surface treated pigment



Water absorption of different coatings at 90 % r.H. and 23 °C



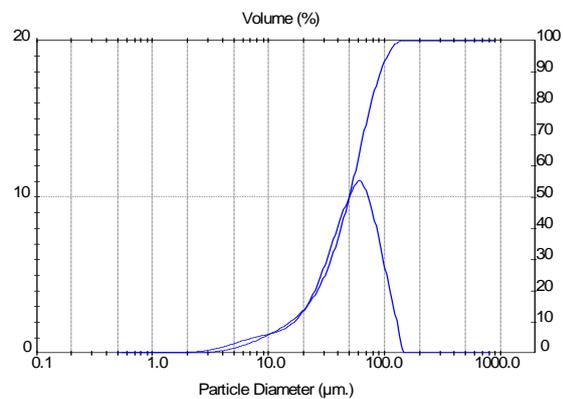
Korngrößen und -verteilung von Pulverlacken

Bestimmung der **Korngrößenverteilung** von Pulverlacken⁴

Prüfnormen:
DIN EN ISO 8130-1, DIN EN ISO 8130-13

Prüfgeräte:
Luftstrahl-Sieb oder Einzelsiebe,
Partikelgrößenverteilung mittels
Laserbeugung

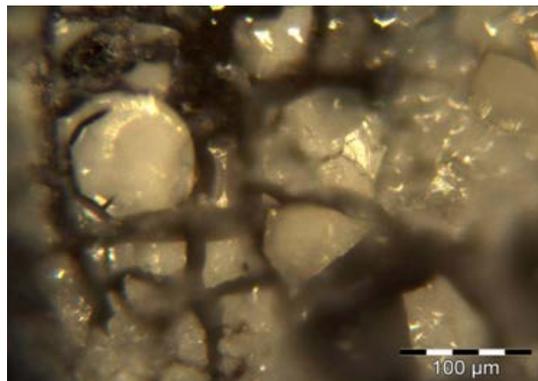
Auswertung:
Siebrückstand [%]
Partikelgröße und -verteilung



Partikel- und Oberflächenanalyse mittels **Licht-Mikroskopie**^{1,2,5}

Prüfgeräte:
Lichtmikroskope
Zeiss Universalmikroskop
Olympus BX61
Wild Makroskop M400
Keyence Digitalmikroskope

Auswertung:
Partikelgröße und -verteilung



Bestimmung der **Schüttdichte**⁶

Prüfnorm:
EN ISO 60 (DIN 53468)

Prüfgerät:
Schüttdichtemessgerät

Auswertung:
Schüttdichte [kg/m^3]

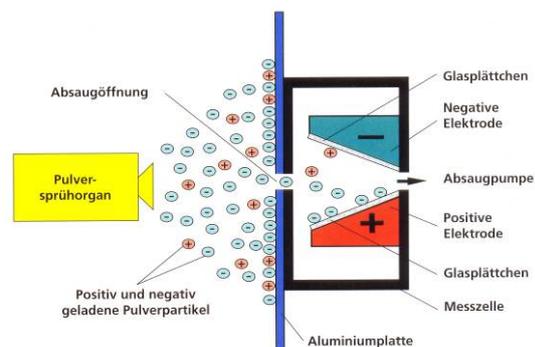


Aufladbarkeit eines Pulverlackes

Bestimmung der **Größe und des Niederschlagorts** der auf negativ und positiv vorgeladenen Elektroden abgeschiedenen Pulverpartikel⁷

Prüfgerät:
Ladungsspektrometer

Auswertung:
Bestimmung der partikelgrößen-spezifischen Aufladung q/d [$\text{fC}/10\mu\text{m}$ Partikeldurchmesser]



Bestimmung mittels **Time-Domain-Reflektometrie** (TDR)⁷

Prüfgerät:
Alpha TDR-5000 Dielectric Constant Meter

Auswertung:
Dielektrizitätskonstante K , relative Permittivität ϵ_r



Bestimmung des **triboelektrischen Aufladungs-verhaltens** (q/m) über das IQT-Messverfahren⁷

Prüfgerät:
IQT-Messgerät

Auswertung:
Ableitstrom der Aufladeeinheit gegen Erde (I_1),
Aufladestrom des Pulvers (I_2) als Ableitstrom vom Minizyklon [μA], Pulverausstoß [g/s]
Berechneter Wert: $q = q/m$ [As(C)/g]



Schichtdicke von Pulverlacken

Berührungslose Bestimmung der **Schichtdicke** von ungehärteten Pulverschichten⁷

Prüfgerät:
Schichtdickenmessgerät POWDERSAVE II

Auswertung:
Schichtdicke [μm]



Oberflächenenergie von Pulvern

Bestimmung von **Kontaktwinkeln und der Oberflächenenergie** von Beschichtungen, Pulvern und Pigmenten^{1,2}

Prüfgerät:
Tensiometer mit Stampfvolumeter

Auswertung:
Kontaktwinkel und Oberflächenenergie mit polaren und dispersen Anteilen

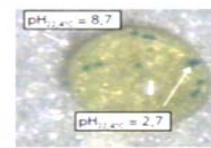
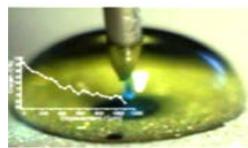


Bestimmung der **Oberflächenenergie** von Pulverlack-Schmelzen²

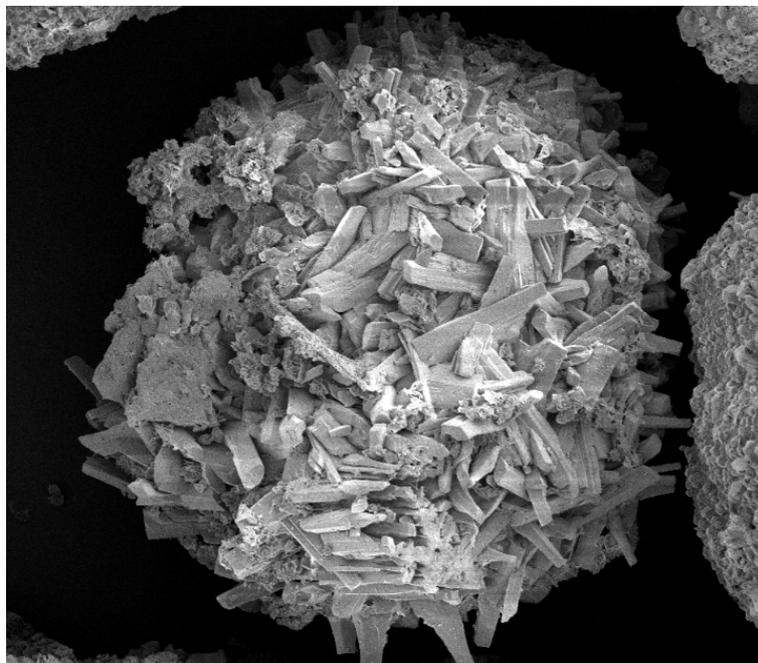
Methode:
Pendant drop (hängender Tropfen),
Optisches Konturanalyseverfahren

Prüfgerät:
DataPhysics OCA 40 Micro

Auswertung:
Konturanalyse und Berechnung der
Oberflächenenergie mit polaren und
dispersen Anteilen



Prüfungen an Pulvern, Partikeln und Dispersionen



Teilchengrößenverteilung, -beweglichkeit und Zetapotential

Bestimmung der **Teilchengrößen und des Zetapotentials**⁴

Prüfgerät:
Acoustosizer

Auswertung:
Partikelgrößenverteilung, Zetapotential und -
Partikelmobilität



Bestimmung der **Teilchengrößen und des Zetapotentials**⁴

Prüfgerät:
Nanosizer ZS
0,6 nm – 6,0 µm

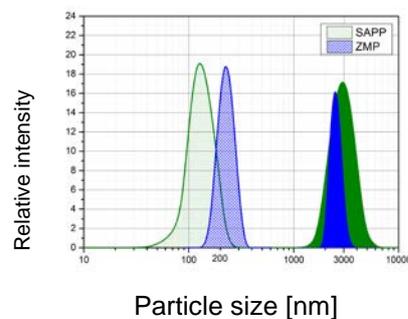
Auswertung:
Partikelgrößenverteilung, Zetapotential



Bestimmung der **Teilchengrößen**²

Prüfgerät:
Mastersizer 2000
0,1 bis 1000 µm

Auswertung:
Partikelgrößenverteilung



Trübungsgrad

Trübungsgrad von Dispersionen⁴

Prüfgerät:
Hi 93703 Trübungsmessgerät (HANNA
Instruments)

Auswertung:
Formazine Nephelometrische Einheiten



Spezifische Oberfläche nach BET, Porosität, Chemisorption

Bestimmung von **BET- Oberflächen; Porositäten und Chemisorptionsmessungen** nichtkorrosiver Gase⁴

Prüfgerät:
Autosorb 1C (Quantachrome)

Auswertung:
BET- Oberflächen, Porositäten und Chemisorptionsmessungen an Pulvern unter Bestimmung von Adsorptions- und Desorptionsisothermen

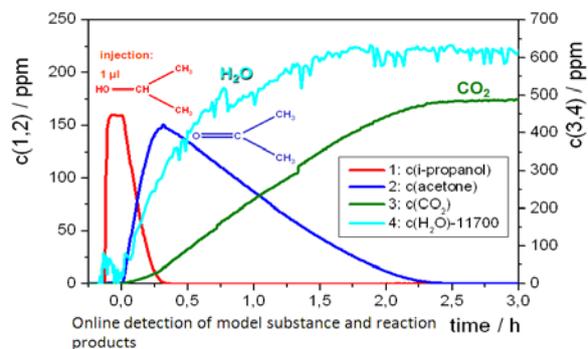


Photokatalytische Aktivität

Bestimmung der **photokatalytischen Aktivität** von Partikeln, Pigmenten, Beschichtungen und anderen Oberflächen²

Prüfgerät:
FPL-Photokatalysereaktoren, Rund- und Flachreaktor mit Online-Steuerung, FT-IR-Detektor

Auswertung:
IR-Detektion der Edukte und Abbauprodukte, relative photokatalytische Aktivität

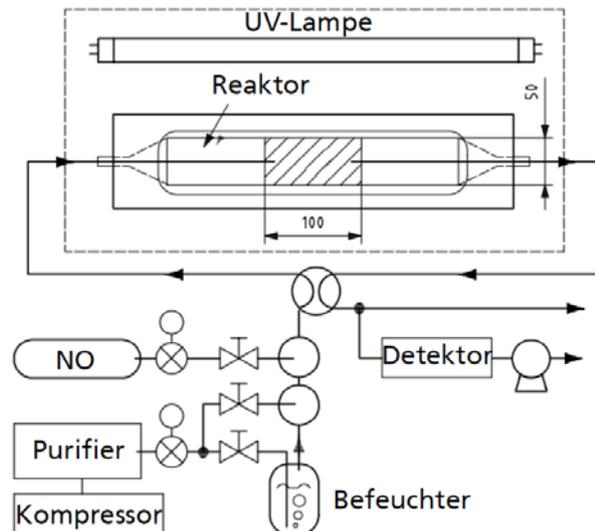


NO_x - Abbau

Prüfverfahren zur Bestimmung **des NO_x-Abbaus** von photokatalytisch aktiven Materialien (**Luftreinigung**)²

Prüfnorm:
ISO 22197-1

Auswertung:
Kontinuierliche Messung der Konzentration von Stickstoffmonoxid (NO), Stickstoffdioxid (NO₂) und anderen Stickoxiden (NO_x) mittels Chemolumineszenz



Adsorption an dünnen Schichten- Quarzkristallmikrowaage

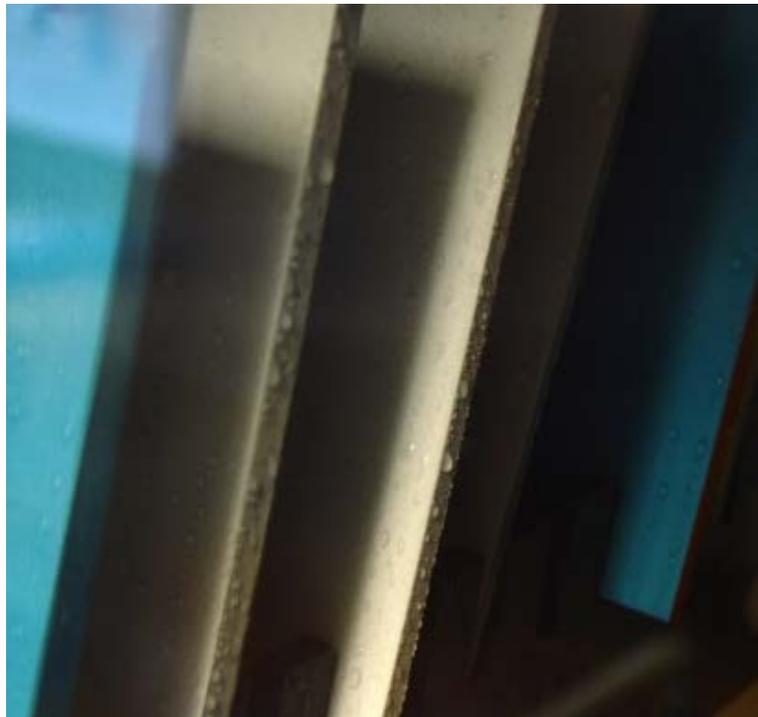
Adsorptionsvorgänge und Eigenschaften von dünnen Schichten⁴

Prüfgerät:
Q-Sense E1 Quarzkristallmikrowaage mit zusätzlicher Elektrochemiezelle (L.O.T.-ORIEL)

Auswertung:
Wechselwirkungen, Adsorption an dünnen Schichten; Eigenschaften, Wasseraufnahme und elektro-chemische Messungen



Prüfung von gehärteten Lacken/Beschichtungen



Haftfestigkeit von Beschichtungen

Gitterschnittprüfung zur Beurteilung der Haftung von Beschichtungen^{2,5}

Prüfnorm:
DIN EN ISO 2409

Prüfgeräte:
Mehrschneidmesser, Einschneidmesser, Skalpell mit Abstandshalter; Klebeband

Auswertung:
Gitterschnitt-Kennwerte (Gt)

Akkreditiertes Verfahren nach DIN EN ISO 17025



Messung der Abplatzlänge der Beschichtung ausgehend von einer Ritzstelle, verursacht durch einen Wasserstrahl

Dampfstrahlprüfung/-test^{2,5}

Prüfnorm:
z.B. DIN EN ISO 16925, DBL 5416, PBODC 361, VW PV 1503

Prüfgeräte:
Druckwasserstrahlprüfgerät

Auswertung:
Angabe eines Kennwertes (0 bis 5) aus dem visuellen Vergleich mit den Darstellungen in Bild 4 Abschn. 9.2 der DIN 55662. Zusätzliche Angabe der Trennebene der Enthftung und ggf. Ausmessen der Ablösungen (max. Breite in mm oder Fläche in mm²); Breite der Enthftung ab Ritzkante in [mm]

Akkreditiertes Verfahren nach DIN EN ISO 17025



Abreiversuch bzw. Stirnabzugstest^{2,5}

Bestimmung der Haftfestigkeit als die Kraft, um einen auf der Beschichtung festgeklebten Stempel abzureißen.

Prüfnormen:

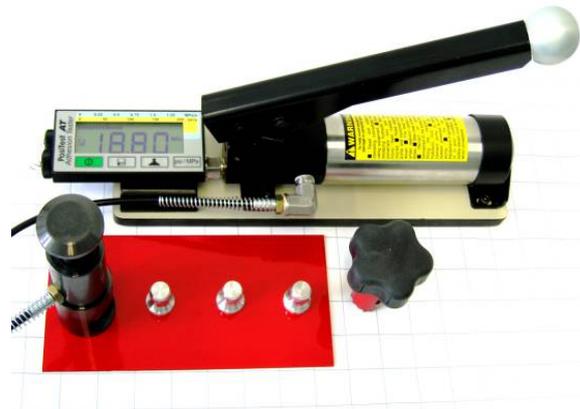
DIN EN ISO 4624, ASTM D 4541, ASTM D 5179

Prüfgeräte:

Hydraulisches Zugprüfgerät, Zwick Universalprüfmaschine Z050, transportable hydraulische Geräte

Auswertung:

Abreißfestigkeit σ [MPa] und Angabe der Trennebene der Enthftung



Steinschlagfestigkeit⁵

Ermittlung des Schadensbildes einer mit Steinsplitt oder Schlagkörpern geschlagenen Beschichtung

Prüfnormen:

VDA, SAE; DIN EN ISO 20567, ASTM D 3170, DBL 5416

Prüfgerät:

Multisteinschlag-Prüfgerät (Erichsen) mit 90° Aufsatz für DBL 5416 Prüfung

Auswertung:

Schadens-Kennwert

Akkreditiertes Verfahren nach DIN EN ISO 17025



Steinschlagprüfung Multischlag^{2,5}

Prüfnorm:

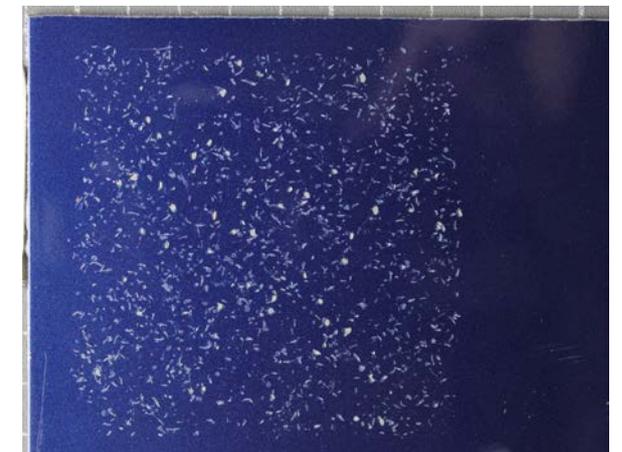
DIN EN ISO 20567-1, ASTM D 3170, VDA und SAE

Prüfgeräte:

Multisteinschlag-Prüfgerät (Erichsen)

Auswertung:

Schadens-Kennwert

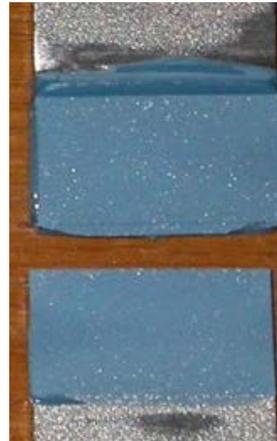


Scherfestigkeit²

Prüfnorm:
ASTM D 1002

Prüfgerät:
Zwick Universalprüfmaschine Z050

Auswertung:
Abreißfestigkeit σ [MPa] und Angabe der
Trennebene der Enthftung



Haftung von Wuchtgewichten

Haftung von Wuchtgewichten auf Kfz-
Rädern²

Prüfnorm:
z.B. VW TL 239

Prüfgerät:
Universal-Zugprüfmaschine (Zwick Z050)

Auswertung:
Max. Kraft, die zur Ablösung der
Klebegewichte erforderlich ist und die
Angabe der Trennebene



Abrieb- und Kratzfestigkeit von Beschichtungen

Chemo-mechanische Abriebprüfung⁵

Prüfnorm:

z.B. DIN EN 60068-2-70, DBL 7384,
BMW GS 97034/GS 97045,

ABREX Prüfung (Simulation von
Handabrieb)

Auswertung:

Angabe eines Kennwerts (0-5)
Visuelle Auswertung der Abriebsstelle

Akkreditiertes Verfahren nach DIN EN ISO
17025



Abschleifmethode mit dem **Reibrad-Verfahren**^{2,5}

Prüfnormen:

DIN EN ISO 7784, DIN EN 13523-16,
ASTM D 1044

Prüfgeräte:

Taber-Abraser, Analysenwaage

Auswertung:

Massenverlust Δm [mg], Anzahl der
Umdrehungen



Vielfachverkratzung mit dem **Crockmeter**²

Prüfgeräte:

Atlas CM-5, Glanzmessung, Analysenwaage,
Tastschnitt-Messsystem, Lichtmikroskop

Methode:

Trocken-/Nassverkratzungen, 10 double
strokes, speed: 0,2 m/s
Verschiedene Kratzmedien

Auswertung:

Glanzverlust, Massenverlust Δm [mg]
Schichtdickenabnahme ΔS_d [μm]
Digitale Bildanalyse



Pflegebeständigkeitsprüfung mit dem **Crockmeter**⁵

Prüfnormen:

z.B. DBL 7384, TL 226,

Prüfgerät:

Crockmeter, z.B. Atlas CM-5, Crockmaster

Auswertung:

Beurteilung der Filzverfärbung und der
Abriebspur, visuelle Beurteilung und/oder
Glanzmessung



Akkreditiertes Verfahren nach DIN EN ISO
17025

Bestimmung der **Nassabriebbeständigkeit** von Beschichtungen^{2,5}

Prüfnormen:

DIN EN ISO 11998, ASTM D 968

Prüfgeräte:

Wasch- und Scheuerbeständigkeitsprüfgerät

Auswertung:

Glanzverlust, mittlerer Schichtdickenverlust
 L_{dft} [μm]



Akkreditiertes Verfahren nach
DIN EN ISO 17025

Bestimmung der Kratzfestigkeit mit der
Labor-Waschanlage⁵

Prüfnorm:
DIN EN ISO 20566, PV 3.3.3, MBN 10494-5

Prüfgeräte:
Amtec Kistler Labor-Waschanlage,
Glanzmessgerät

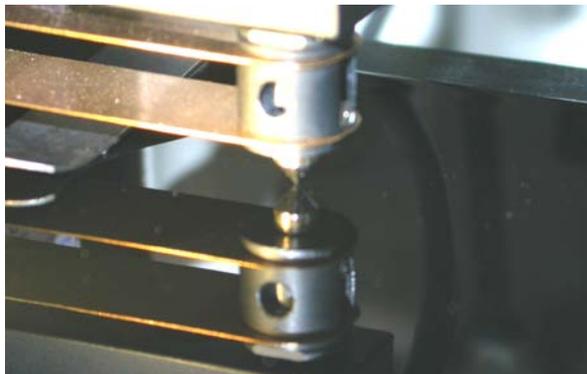
Auswertung:
Visuelle Beurteilung, Restglanzwert [%],
Reflow-Verhalten mit der digitalen
Bildanalyse



Nano-Scratch-Test²

Prüfgerät:
Nano-Scratch-Tester (CSM Instruments) mit
Rockwell-Diamant (90°, Spitzenradius 2 µm)

Auswertung:
Eindringtiefe d_p [µm], verbleibende Tiefe d_r
[µm], Tangentialkraft F_t [mN], Kratzhärte
 H_{scratch} [N/mm²], Kratzwiderstand Z [N/mm²],
Recovery [%]



Dynamisch-mechanische Analyse

Dynamisch mechanische Analyse (DMA)
an Beschichtungen (freien Filmen) in
Abhängigkeit von der Temperatur (und der
Feuchteeinwirkung)^{1,2}

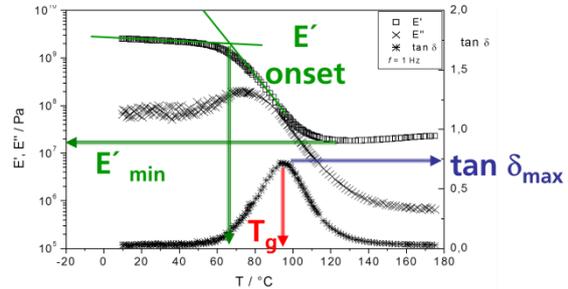
Prüfnorm:
DIN EN ISO 6721-1

Prüfgeräte:
DMA 424C, DMA 7e; Kraftbereich: bis 16N
Eplexor; Kraftbereich: bis 150N

Messmodi:
Zug, Druck, 3-Punkt-Biegung, Dual-Cantilever,
Single-Cantilever, Scherung, Penetration

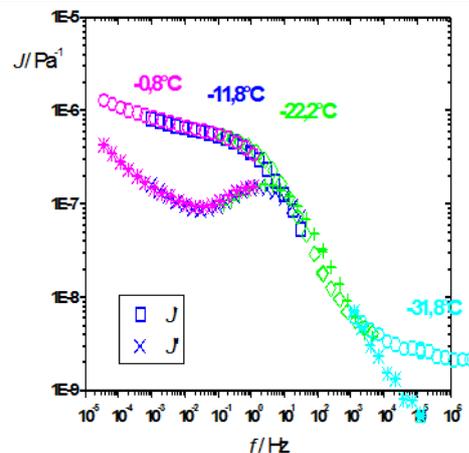
Auswertung:
Speicher- und Verlustmodul, Verlustwinkel
 $\tan \delta$, Glasübergangstemperatur T_g

Akkreditiertes Verfahren nach DIN EN ISO
17025



Interpolation von dynamisch-mechanischen Spektren²

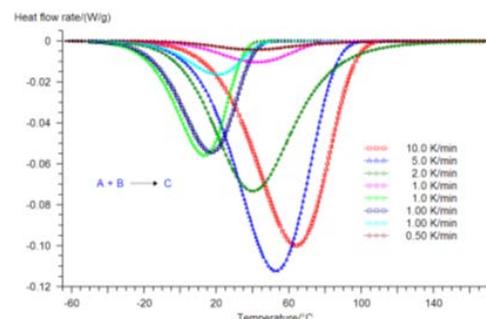
Auswertung:
Interpolation der Spektren zur Vorhersage
von Langzeit- (Monate/Jahre) und
Kurzzeitverhalten (Schlag), Ermittlung der
Parameter nach WLF und Vogel-Fulcher



Simulation und Modellierung von Reaktionsvorgängen, Ofenkurven und Langzeitverhalten²

Methode:
Netzsch Formalkinetik

Auswertung:
Von DSC, TG, DMA, rheologischen bzw.
dielektrischen Messungen



Simultane Thermische Analyse (STA)

Gleichzeitige **Dynamische Differenzialkalorimetrie (DSC) und Thermogravimetrische Analyse (TGA)** an Farben, Beschichtungen, Polymeren, Fasern und Pulvern²

Prüfnorm:
ISO 11357

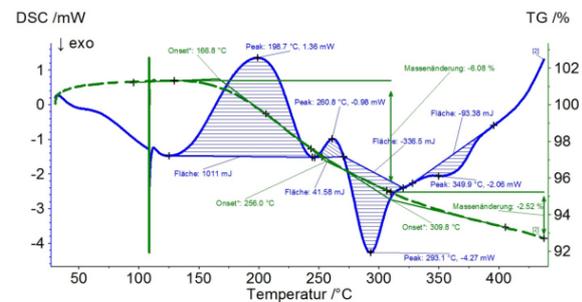
Messmodi:

Bestimmung der Massenänderung (Absolut, Prozentual) (TGA), Änderungen der Wärmekapazität (DSC) als Funktion der Temperatur oder Zeit, Temperaturbereich: -100 °C bis +600 °C, Kontrollierte Atmosphäre, wie Stickstoff oder Luft-Sauerstoff, Kontrollierte Feuchtigkeit zur Messung der Wasseraufnahme

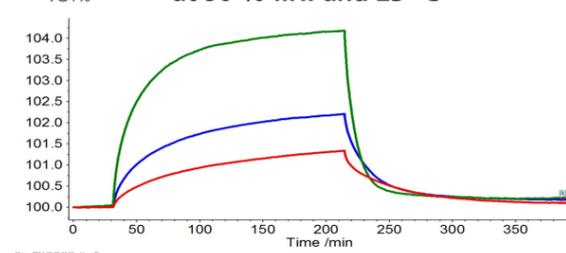
Auswertung:

Bestimmung von Masseänderungen als Funktion der Temperatur, Zeit oder Feuchtigkeit, Charakterisierung der thermophysikalischen Eigenschaften (Kristallisation, Schmelzen, Glasübergang, Wärmekapazität, Zersetzung) von Polymeren Prozesssimulation (chemische Reaktionen, Trocknungsvorgänge), Bestimmung der thermischen und/oder oxidativer Stabilität, Zersetzungskinetik, Zusammensetzung von Polymer Blends, Feuchteaufnahme und des Pigment-/Füllstoff-Gehalts

STA- Analysis of a special surface treated pigment



Water absorption of different coatings at 90 % r.H. and 23 °C



Innere Spannungen

Bestimmung von **inneren Spannungen** an Beschichtungen^{2,4}

Prüfgerät:

Cori-Stressmesser

Auswertung:

Durchbiegung von beschichteten Metallstreifen in Abhängigkeit des Trocknungs-/Beanspruchungszustands



Brennprüfung von Werkstoffen

Bestimmung des **Brennverhaltens von Werkstoffen** der Kraftfahrzeuginnenausstattung⁵

Prüfnormen:
DIN 75200, FMVSS 302, DBL 5307

Prüfgerät:
Brennkammer BKF der Firma Karg Industrietechnik

Auswertung:
Ermittlung der Brenndauer von thermoplastischen Werkstoffen



Elastizität bei Deformation

Elastizität einer Beschichtung gegen Rissbildung und/oder Ablösen von einem metallischen Untergrund aufgrund von Deformation **Tiefungsprüfung**²

Ermittlung des Tiefungswegs einer Kugelkappe, bei der die Beschichtung anfängt Risse zu bilden

Prüfnorm:
DIN EN ISO 1520

Prüfgerät:
Tiefungsprüfer

Auswertung:
Tiefungsweg s [mm]



Schlagtiefung^{2,5}

Bestimmung der Schlagkraft eines kugelförmigen Fallkörpers, bei der die Beschichtung bricht

Prüfnormen:

DIN EN ISO 6272, ASTM D 2794

Prüfgerät:

Impact-Tester

Auswertung:

Schlagkraft F [N]



Kugelschlagprüfung nach Wegner⁵

Prüfnorm:

DIN EN 438-2

Prüfgerät:

IPW Kugelschlagprüfer mit
Auflagevorrichtung

Prüfkörper: Stahlkugel 5mm Ø

Auswertung:

Schlagkraft F [N]



Dornbiegeprüfung (zylindrisch)

Bestimmung der Elastizität durch Biegen mit dem zylindrischen Verfahren^{2,5}

Prüfnorm:

DIN EN ISO 1519

Prüfgerät:

Zylindrische Dornbiegeeinrichtung

Auswertung:

Radius r [mm] bei dem Risse entstehen



Dornbiegeprüfung (konisch)

Bestimmung der Elastizität durch Biegen mit dem konischen Verfahren^{2,5}

Prüfnormen:

DIN EN ISO 6860, ASTM D 522a

Prüfgerät:

Konische Dornbiegeeinrichtung

Auswertung:

Abstand d [mm] bei dem Risse entstehen



Härte

Pendelhärte^{2,5}

Bestimmung nach dem Pendeldämpfungsverfahren

Prüfnorm:

DIN EN ISO 1522

Prüfgerät:

Pendel-Dämpfungsprüfgerät nach König

Auswertung:

Anzahl der Schwingungen, Zeit t [s]



Buchholzhärte^{2,5}

Längenmessung der durch einen Eindringkörper verursachten Eindruckstelle (Eindruckprüfung)

Prüfnorm:
DIN EN ISO 2815

Prüfgerät:
Eindruckhärteprüfer nach Buchholz

Auswertung:
Eindrucklänge [mm], Eindruckwiderstand α_B



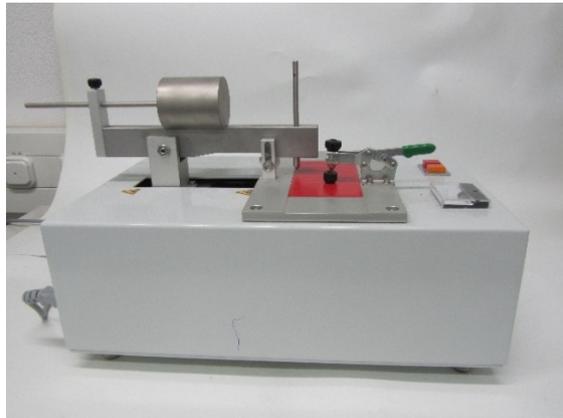
Ritzhärte^{2,5}

Ermittlung des kleinsten Gewichts, bei dem die Beschichtung durch ein Ritzwerkzeug angeritzt wird

Prüfnormen:
DIN EN ISO 1518, DIN EN 13523-12

Prüfgerät:
Ritzhärteprüfer

Auswertung:
Visuelle Beurteilung, Masse [g]



Schmisshärte^{2,5}

Bestimmung der Kraft eines Druckfeder-Stiftes bzw. einer -Scheibe, bei der die Beschichtung angeritzt wird

Prüfnormen:
DBL 7384, TL 226

Prüfgeräte:
DUR-O-Tester, Schmisshärte-Prüfer, Erichsen Härteprüfstab Modell 318

Auswertung:
Federkraft F [N]

Akkreditiertes Verfahren nach DIN EN ISO 17025



Bleistifthärte²

Bestimmung der Bleistifthärte, welche einen Eindruck auf der Lackoberfläche hinterlässt

Prüfnormen:

ASTM D 3363, DIN EN ISO 15184

Prüfgerät:

Bleistifthärteprüfer (Erichsen scratch hardness tester model 291)

Auswertung:

Shore-Härte (Bleistifthärte)



Martenshärte (Universalhärte)²

Bestimmung der Martenshärte von Beschichtungen und der einzelnen Schichten im Aufbau senkrecht zum Schliff

Prüfnormen:

DIN EN ISO 14577, DIN EN ISO 4516, ASTM E 384

Prüfgerät:

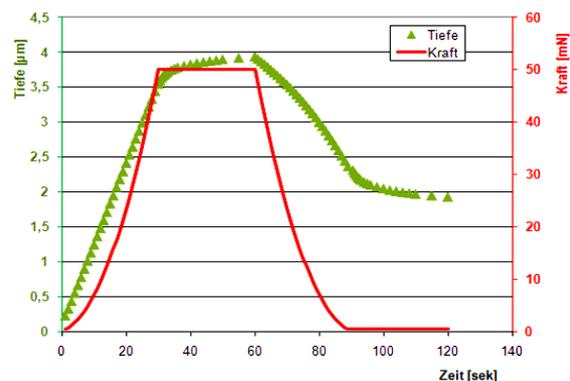
Mikrohärtemessgerät (Ultra-Nano Hardness Tester mit Berkovich-Diamant)
Fischerscope HM2000 mit Vickers- oder Berkovich-Diamant

Methoden:

Statischer Eindringversuch, Eindringversuch mit überlagerter Oszillation, Mikro- und Nanohärte

Auswertung:

Eindringtiefe t [μm], Martenshärte HM [N/mm^2],
Kriechen cr [%], Kriechen nach Rücknahme der Prüfkraft cr_R [%],
Elastizitätsmodul E_{HU} [MPa], elastischer Anteil der Verformungsenergie W_e [%], plastischer Anteil der Verformungsenergie W_b [%]



Gleitfähigkeit

Gleitfähigkeit einer Beschichtung
Bestimmung mit einem **tribologischen
Verfahren**⁴

Prüfgerät:
Fraunhofer IPA-Tribo-Tester

Auswertung:
Reibwert μ



Elektrische Isolationsfähigkeit

Bestimmung der **elektrischen
Isolationsfähigkeit** von Beschichtungen²

Prüfgerät:
Isolationstester

Auswertung:
Widerstand [Ohm]



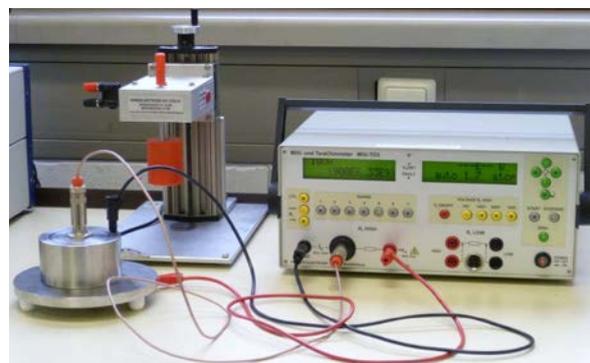
Oberflächen- und Durchgangswiderstand

Widerstandsmessung zwischen zwei auf
der Substratoberfläche angebrachten
definierten Elektroden^{2,4}

Prüfnormen:
DIN EN 1149, DIN IEC 60167

Prüfgerät:
Leitfähigkeitsmessgerät/Gleichstrom-
Widerstandsmessgerät mit Ringelektrode

Auswertung:
Oberflächenwiderstand R [Ω], Strom I [A]



Dichtheit, Poren und Fehlstellen

Aufsuchen von **Poren und Fehlstellen** in Beschichtungen²

Prüfgerät:
Porensuchgerät Poroscope

Auswertung:
Durchschlagspannung [kV], Anzahl der Poren pro Fläche



Beständigkeit gegenüber Chemikalien und Quellbarkeit

Beständigkeit gegen Chemikalien

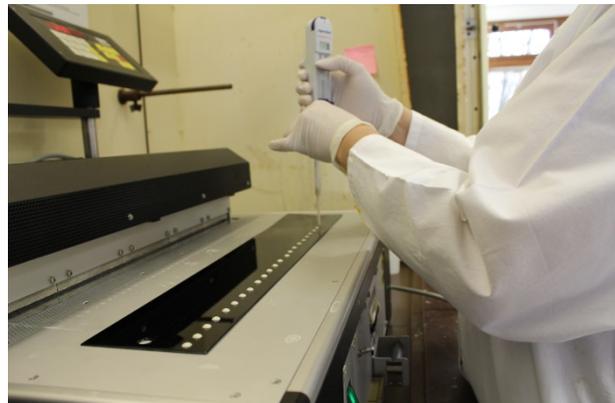
Einwirkung von Prüfchemikalien auf die Beschichtung nach definierter Zeit und Temperatur²

Prüfnormen:
DIN EN ISO 2812-4, VDA 621-412,
PBO DC 371

Prüfmittel:
Laborglasware, Abdichtmasse,
Wärmeschrank

Methoden:
Einwirkung von Prüfchemikalien,
Bestimmung des Einflusses der Temperatur
auf die Chemikalienbeständigkeit:
Gradientenofen (BYK-Gardner)

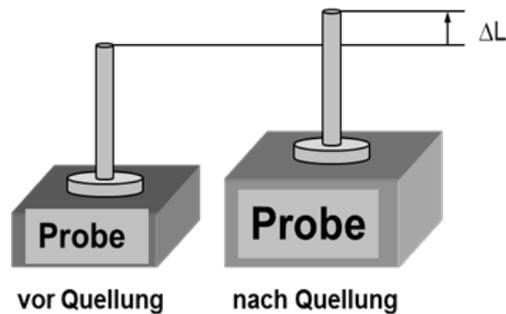
Auswertung:
Visuelle Beurteilung, Kratzprobe,
Gitterschnitt-Kennwert nach DIN EN ISO
2409



Quellbarkeit von Beschichtungen
Dilatometrie (DIL)¹

Prüfgerät:
DMA 7e

Auswertung:
Ausdehnung einer Beschichtung,
Quellverhalten bei Lösemittleinwirkung,
Ausdehnungskoeffizient



Beständigkeit gegenüber Feuchtigkeit, Wasser

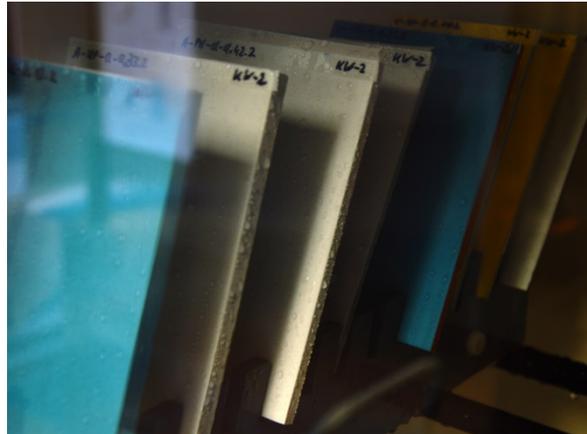
Beständigkeit gegenüber Kondenswasser
Kondenswassertest^{2,5}

Prüfnorm:
DIN EN ISO 6270-1, DIN EN ISO 6270-2, DIN
EN ISO 6988

Prüfgerät:
Kondenswasser-Konstantklima-Kammer
(optional mit Schwefeldioxid-Atmosphäre:
Kesternichtest)

Auswertung:
Gitterschnitt-Kennwert nach DIN EN ISO
2409, Blasengrad, Rostgrad, Grad der
Enthaftung und Grad der Korrosion nach EN
ISO 4628; Nasshaftung/Lackhaftung

Akkreditiertes Verfahren nach DIN EN ISO
17025



Beständigkeit gegenüber Heisswasser
Heisswassertest^{2,5}

Prüfnorm: DBL 5416

Prüfgeräte:
Magnetrührer, Thermostat, Becherglas,
Gitterschnittmesser

Auswertung:
Gitterschnitt-Kennwert nach DIN EN ISO
2409, Blasengrad, Rostgrad und Grad der
Korrosion
nach EN ISO 4628

Akkreditiertes Verfahren nach
DIN EN ISO 17025



Beständigkeit gegenüber kochendem Wasser
Kochtest^{2,5}

Prüfnorm: GSB AI 631

Prüfgeräte:
Magnetrührer, Thermostat, Becherglas,
Gitterschnittmesser

Auswertung:
Blasengrad, Lackhaftung, Risse,
Oberflächenveränderungen



Hydrolysebeständigkeit⁵

z.B. von Fahrzeuginnenraumlackierungen

Prüfnormen:

z.B. DBL 7384, TL 226

Prüfgeräte:

Klimawechselkammer

Auswertung:

Gitterschnitt-Kennwert nach DIN EN ISO 2409, Kratzprobe, Schreibempfindlichkeit, Risse, Oberflächenveränderungen

Akkreditiertes Verfahren nach DIN EN ISO 17025



Temperatur-/Klimawechsel-Beanspruchung

Kältebeständigkeit⁵

Lagerung der Proben bei sehr niedriger Temperatur
(Kältebeständigkeitsprüfung/Temperatur-Klima-Wechselprüfung)

Prüfnorm:

z.B. DBL 5416, VW TL

Prüfgerät:

Tiefkühltruhe (-55 °C),
Temperaturklimaschrank WK 11 (Weiss)

Auswertung:

Risse, Oberflächenveränderung, Lackhaftung,
Schlagfestigkeit F [N]



Klimawechseltest^{2,5}

Beständigkeit gegenüber extremen Klimaschwankungen (Temperaturbereich -70°C - 180°C) mit digitaler Aufzeichnung

Prüfnormen:

DBL 5416, PV 2005, PV 1200

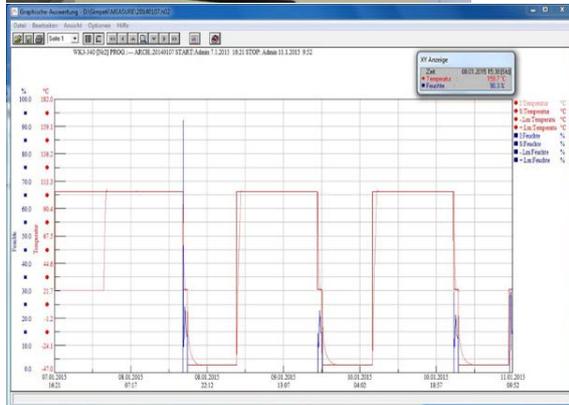
Prüfgerät:

Weiss Klimaprüfschrank

Auswertung:

Oberflächenveränderung, Lackhaftung, Rissbildung

Akkreditiertes Verfahren nach DIN EN ISO 17025



Temperaturlagerbeständigkeit^{2,5}

Lagerung der Proben bei hoher Temperatur (Ofenalterung)

Prüfnorm:

z.B. DBL 5416, TL 226

Prüfgerät:

Umluftofen

Auswertung:

Farbänderung ΔE , Vergilbung Δb , Glanzänderung, Lackhaftung, Haptik, Risse

Akkreditiertes Verfahren nach DIN EN ISO 17025



Freibewitterung

Freibewitterung unter Landklima²

Bewitterungsstände der Abteilung Beschichtungssystem- und Lackiertechnik auf dem Dach des Gebäudes S (Landklima)

Prüfnorm: VDA 612-414

Prüfgerät:
Bewitterungsgestelle mit Probenausrichtung 90° und 45° gegen Süd



Auswertung:
Farbänderung ΔE , Vergilbung Δb , Glanzänderung, Korrosion, Unterwanderung, Lackhaftung, Risse

Künstliche Bewitterung

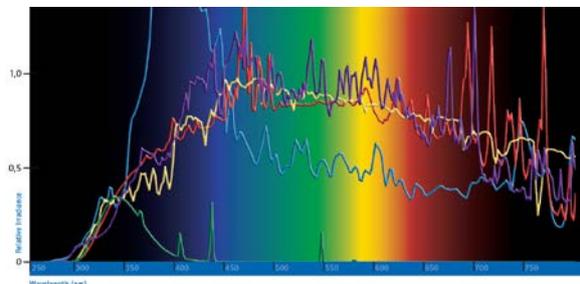
Xenotest

Künstliches Bewittern der Proben mit einer gefilterten Xenonbogenstrahlung (Xenon-Test, WOM-Test)²

Prüfnorm:
DIN EN ISO 16474-1/16474-2, CAM 180, SAE J 1960, VW PV 3929, VW PV 3930, ASTM G 155, DIN ISO 4892-2, VDA 621-430

Prüfgerät:
Xenotest, Beta LM, Weather-o-meter Ci 4000 (Atlas)

Auswertung:
Farbänderung ΔE , Vergilbung Δb , Glanzänderung, Rissbildung,



Xenotest

Künstliches Bewittern der Proben mit einer gefilterten Xenonbogenstrahlung (Xenon-Test)^{2,5}

Prüfnorm:

VW PV 3929, VW PV 3930, ASTM G 155

Prüfgerät:

Xenotest Alpha+

Auswertung:

Farbänderung ΔE , Vergilbung Δb ,
Glanzänderung, Rissbildung



Belichtungs- und Bewitterungsprüfgerät^{2,5}

Beständigkeit gegenüber Witterungseinflüssen

Prüfverfahren zur Bestimmung der Beständigkeit eines beschichteten Materials gegen die Einwirkung einer simulierten künstlichen Bewitterung (Sonnenstrahlung, Regen, Hitze, etc.)

Prüfnorm:

ASTM G151; DIN EN 513; ISO 105-B02

Prüfgerät:

Xenotest Beta+

Auswertung:

Vergilbung, Haftungsprüfung (Gitterschnitt und Dampfstrahltest)



Künstliches Bewittern der Proben mit einer
Fluoreszenzstrahlung
QUV-Test²

Prüfnormen:
DIN EN ISO 16474-1/16474-3, DIN EN ISO
4892-3

Prüfgeräte:
UV-Fluoreszenz-/Kondensations-
Bewitterungsgerät, UV2000 (Atlas)

Auswertung:
Farbänderung ΔE , Vergilbung Δb ,
Rissbildung, Glanzänderung, Runzelbildung



Belichtungs- und Bewitterungsprüfgerät⁵

Heißlichtalterung

Prüfverfahren zur Bestimmung der
Widerstandsfähigkeit der Farbe und des
Alterungsverhaltens eines Substrates gegen
die gleichzeitige Einwirkung von künstlichen
Licht und Wärme

Prüfnormen:
DIN EN 20105-A02; DIN EN ISO 105 B06

Prüfgerät:
Xenotest 440

Auswertung:
Farbechtheit mittels Farbmessung oder
Graumaßstab



Bestimmung der strahlungsinduzierten Radikalbildung

Nachweis der Radikalbildung z.B. bei Bewitterungsprozessen durch **Elektronenspinresonanz (ESR)-Spektroskopie**²

Prüfgerät:
ESR-Spektrometer Miniscope MR 3000



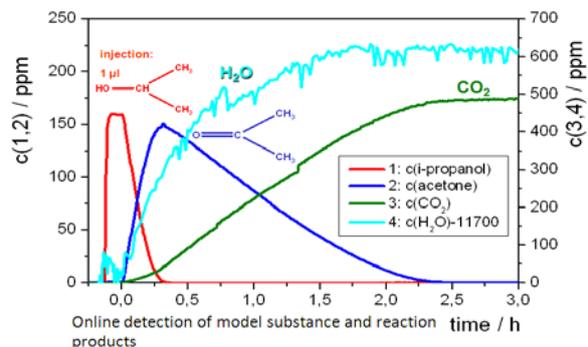
Auswertung:
Art und Konzentration radikalischer Spezies;
kinetische Untersuchungen

Photokatalytische Aktivität

Bestimmung der **photokatalytischen Aktivität** von Pigmenten, Beschichtungen und anderen Oberflächen²

Prüfgerät:
FPL-Photokatalysereaktoren, Rund- und Flachreaktor mit Online-Steuerung, FT-IR-Detektor

Auswertung:
IR-Detektion der Edukte und Abbauprodukte, relative photokatalytische Aktivität



Laserbeschriftbarkeit von Beschichtungen

Laserbeschriftung von Beschichtungen und Kunststoffen⁴

Prüfgeräte:
FobaLas FD 84S (Foba)
Nd-YAG Laser (1064 und 532 nm)

Auswertung:
Laserbeschriftbarkeit, Bewertung des Kontrasts der Laserbeschriftung



Korrosionsbeständigkeit

Korrosionswiderstand von Beschichtungen gegen-über Kondenswasserkonstantklima mit Temperaturgradient („**Haagen-Test**“)²

Prüfnorm:

DIN EN ISO 6270-1, DIN EN ISO 6270-2

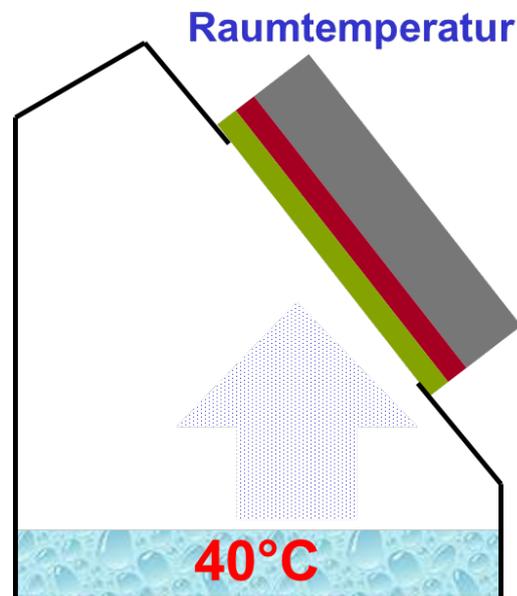
Prüfgerät:

Kondenswasser-Klimaprüfeinrichtung mit Temperaturgradienten

Auswertung:

Nasshaftung/Gitterschnitt, Blasengrad, Rostgrad Ri, Grad der Korrosion c [mm]

Akkreditiertes Verfahren nach DIN EN ISO 17025



Salzsprühnebeltest

Korrosionswiderstand gegenüber Salzsprühnebel^{2,5}

Prüfnorm:

DIN EN ISO 9227, ASTM B 117

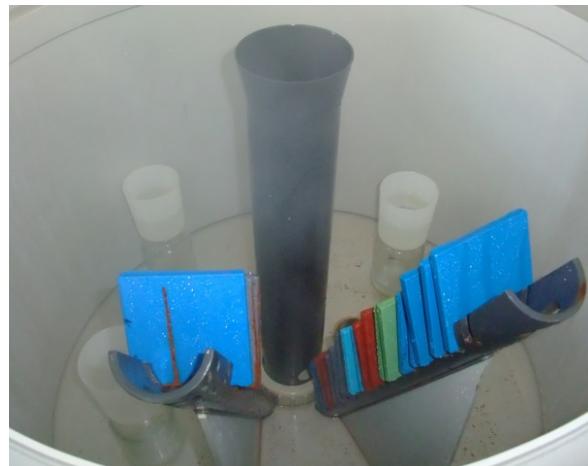
Prüfgerät:

Salzsprühnebelkammer

Auswertung:

Blasengrad, Rostgrad Ri, Grad der Enthftung d [mm], Grad der Korrosion c [mm], Gitterschnitt

Akkreditiertes Verfahren nach DIN EN ISO 17025



Zyklische Korrosionsprüfungen

Korrosionswechsellasts²

Korrosionswiderstand gegenüber zyklisch wechselnden Belastungen (Wechselklima), wie Salzsprühphase, Kondenswasserphase, Trocken- bzw. Raumtemperaturphase.

Prüfnormen:

DIN EN ISO 11997, ASTM B 117, ASTM B 368, ISO 1456, VW PV 1210, VDA 621-415

Prüfgeräte:

Erichsen Korrosionsprüfgerät Modell 608;
Dura Köhler-Prüfgerät

Auswertung:

Lackhaftung, Blasengrad, Rostgrad Ri, Grad der Enthftung d [mm], Grad der Korrosion c [mm]

Akkreditiertes Verfahren nach DIN EN ISO 17025



Wechseltest VDA 233-102 für Multi-Metall-Anwendung

Korrosionswechseltest für Multi-Metall (Stahl, Zink und Aluminium) für Automobilanwendungen²

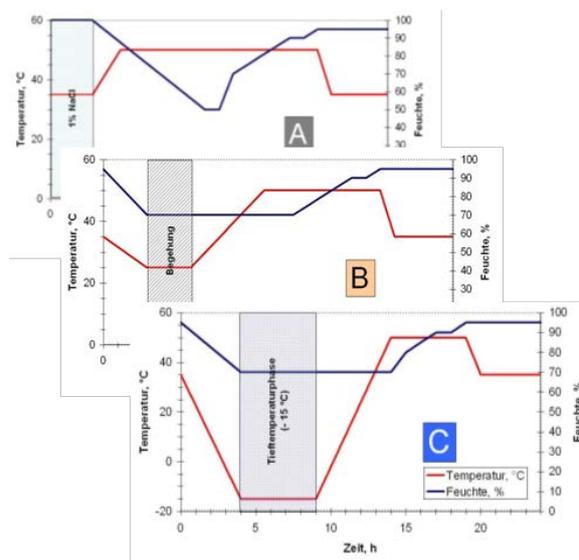
VDA-Wechseltest für Multi-Metall-Korrosionsprüfungen (zyklischer Korrosionstest).

Dieser Test bildet die in der Freibewitterung auftretenden Schadensbilder und die Unterwanderung von Beschichtungen auf Zink-, Stahl- und Aluminiumuntergründen, insbesondere das Verhältnis zwischen Zink und Stahl, richtig ab.

Prüfnorm:
VDA 233-102, VDEh SEP 1850

Prüfgerät:
CTS-Korrosionsprüfschrank

Auswertung:
Unterwanderung, Blasenbildung, Rostgrad, Filiformkorrosion bei Aluminium und Stahl



Filiformkorrosion

Prüfung der Beständigkeit gegen **Filiformkorrosion** (fadenförmige Korrosion) bei Aluminium²

Prüfnorm:
DIN EN 3665

Prüfgeräte:
Impfkammer; Salzsäure
Klimakammer

Methode:
Anbringen einer definierten Verletzung der Beschichtung, Impfen der Verletzungsstelle mit Salzsäure und anschließende Klimalagerung (40 °C/80 % r.F.)

Auswertung:
Korrodierte Fläche [mm²/cm], Fadenlänge [mm]



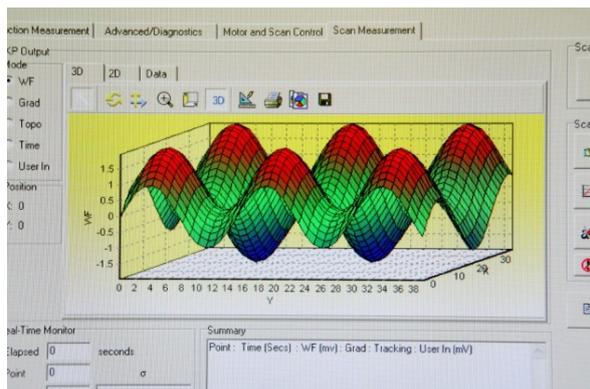
Elektrochemische Methoden

Raster-Kelvin-Sonde²

Ortsaufgelöste Beurteilung der Korrosionsstabilität von Substraten und deren Vorbehandlung

Prüfgerät:
Raster-Kelvin-Sonde

Auswertung:
Elektrochemisches Potenzial,
Oberflächentopographie



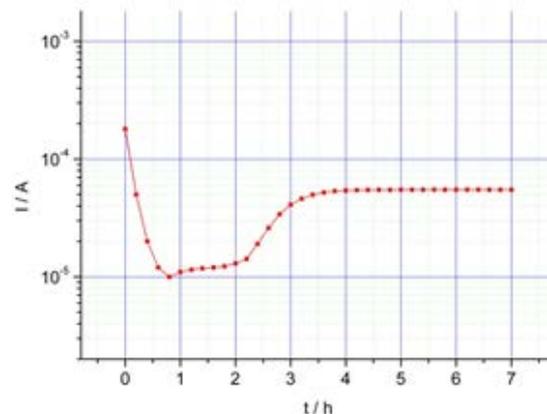
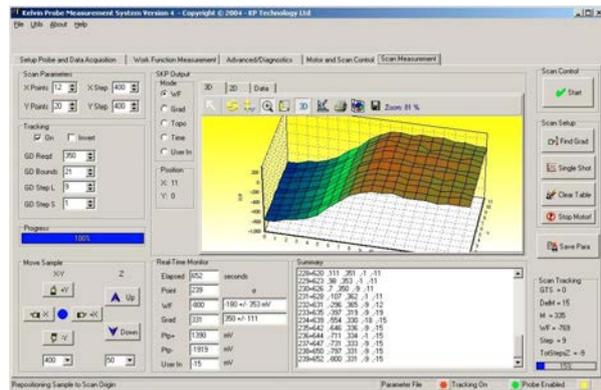
Raster-Kelvin-Sonde mit topographischer Korrektur²

Ortsaufgelöste Beurteilung der Korrosionsstabilität und Delaminationsresistenz von beschichteten Substraten



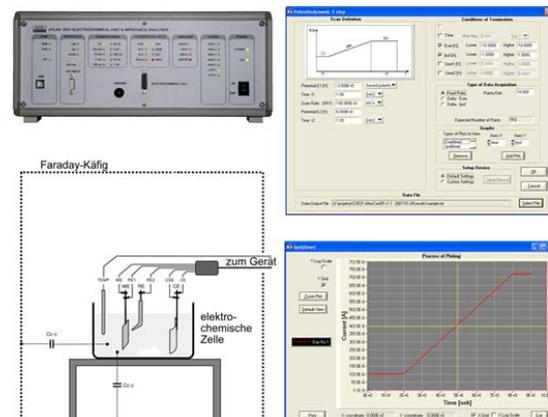
Prüfgerät:
Raster-Kelvin-Sonde mit topographischer Korrektur

Auswertung:
Elektrochemisches Potenzial, Oberflächentopographie



Elektrochemische Workstation²

Bestimmung von Korrosionspotenzialen sowie von kapazitiven und resistiven Eigenschaften von Beschichtungen auf metallischen Substraten



Prüfgerät:
Elektrochemische Workstation

Auswertung:
Ermittlung von Strom-/Spannungskurven, polarographischen Daten, Impedanzspektren und der Reversibilität elektrochemischer Prozesse

Schutzwirkung (FPL-Kurzzeittest)

FPL-Kurzzeittest²

Zeitraffende thermozyklisch-elektrolytische Beanspruchung von Beschichtungen zur Simulation von Langzeitbeanspruchungen, z.B. durch Temperatur- und Feuchte- sowie Elektrolyt-Wechselbeanspruchung „FPL-Kurzzeittest“



Prüfgerät:
Patentierter Eigenbau

Methode:
Zeitraffende thermozyklisch-elektrolytische Beanspruchung, optional mit UV-Bestrahlung

Auswertung:
In situ-Schutzverlustdetektion mittels Impedanzspektroskopie

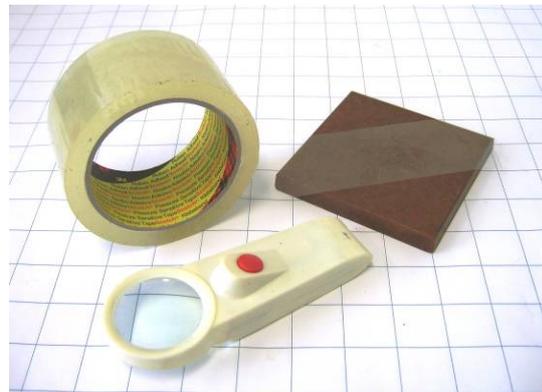
Kreidungsgrad

Bestimmung nach dem **Klebebandverfahren**^{2,5}

Prüfnormen:
DIN EN ISO 4628-6, DIN EN 13523-14

Prüfmittel:
Durchsichtiges Klebeband

Auswertung:
Kreidungsgrad-Kennwert



Bestimmung nach dem **Samtverfahren**^{2,5}

Prüfnorm:
DIN EN ISO 4628-7

Prüfmittel:
Schwarzes und weißes Gewebe

Auswertung:
Kreidungsgrad-Kennwert



Bestimmung mit dem **Kreidungsgerät**^{2,5}

Prüfnorm:
DIN 53159

Prüfgerät:
Kreidungsprüfgerät nach Kempf

Auswertung:
Kreidungsgrad-Kennwert



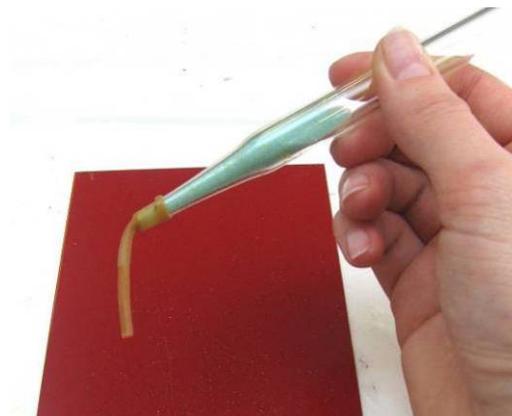
Trockengrad

Prüfung der Oberflächentrocknung nach dem **Glasperlen-Verfahren**^{2,5}

Prüfnorm:
DIN EN ISO 9117-3

Prüfmittel:
Glasperlen („Ballotini“), Haarpinsel

Auswertung:
„oberflächentrocken“ [Ja/Nein],
Oberflächentrocknungszeit t [min]



Bestimmung des **Trocknungszustandes**, bei der die Beschichtungsoberfläche nicht mehr klebt oder eine sichtbare Veränderung nicht feststellbar ist^{2,5}

Prüfnorm:
DIN EN ISO 9117-5

Prüfgerät:
Trockengrad-Prüfgerät nach Kempf

Auswertung:
Trockengrad-Kennwert



Stapelfähigkeit

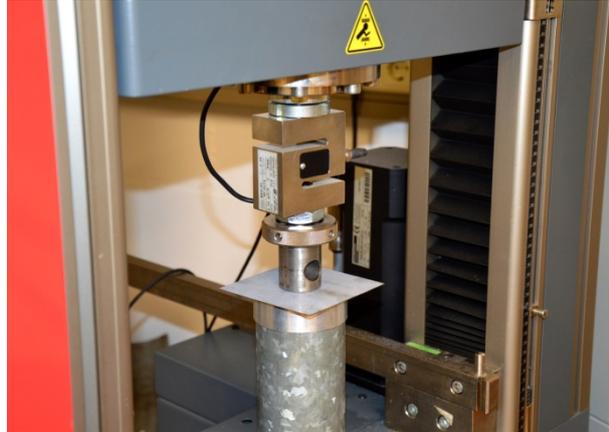
Druckprüfung

Zwei aneinander gedrückte Probestreifen werden auf Oberflächenänderungen untersucht²

Prüfnorm:
DIN EN ISO 9117-2

Prüfgeräte:
Presse mit Drucküberwachung oder Gewichtstücken

Auswertung:
Oberflächenschäden



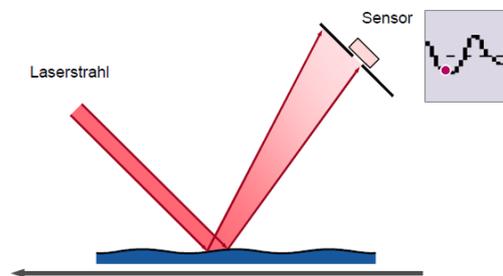
Appearance

Appearance ist der Oberbegriff für den Hochglanz, die Brillanz, den Verlauf und die Welligkeit von beschichteten Oberflächen²

Prüfgerät:
Byk wave scan dual

Auswertung:
Welligkeitswerte, DOI, Dullness (Haze)

wave-scan: Messprinzip



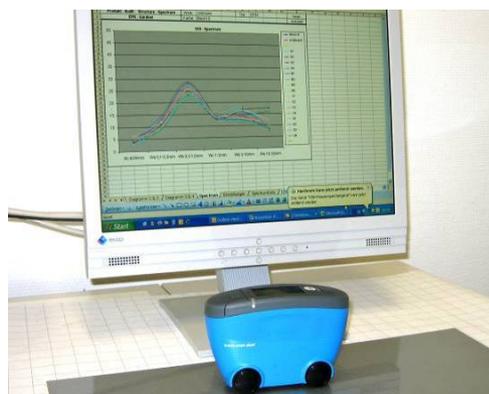
Brillanz einer hochglänzenden Oberfläche

Instrumentelle Messung der Oberflächen mit dem **wave-scan dual**^{2,5}

Prüfnorm:
ASTM D 5767

Prüfgeräte:
wave-scan dual

Auswertung:
DOI-Kennwert



Glanz

Glanzmessung

Bestimmung des Reflektometerwertes von Beschichtungen^{4,5}

Prüfnorm:
DIN EN ISO 2813

Prüfgerät:
Glanzmessgerät Micro-Tri-Gloss

Auswertung:
Glanzgrad bei 20°-, 60°- und 85°-Messwinkel



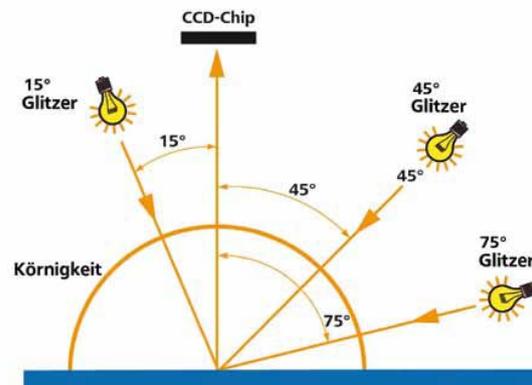
Glitzer-Effekt

Glitzer-Effekt von Metallic-Beschichtungen
Effektmessung von Effektlacken⁴

Prüfnorm:
DIN 5033, DIN 5036, DIN EN ISO 11664-4,
DIN 6175-2

Prüfgerät:
Mehrwinkelfarbmessgerät Byk mac

Auswertung:
Farbabstände ΔE , ΔL , Δa , Δb , Glitzer,
„Körnigkeit“



Glanzscheier/Haze

Glanzscheierwert H^{2,5}
Bestimmung des Glanzscheiers von Beschichtungen bei 20°

Prüfnorm:
DIN EN ISO 13803

Prüfgerät:
Glanzscheier-Messgerät

Auswertung:
Glanzscheierwert H



Haze-gloss²

Haze-Messung kombiniert mit Glanzmessung bei 20°, 60° und 85°

Prüfnormen:

DIN EN ISO 2813, ISO 13803
ASTM D 523, ASTM D 2457, ASTM E 430

Prüfgerät:

Byk Haze-gloss

Auswertung:

Glanzschleier haze



Farbe bzw. Farbabweichung

Bestimmung von **Farbabständen und Metamerie**⁵

Prüfnormen:

DIN EN ISO 11664-4, DIN 6175, DIN 6172,
DIN EN 13523-15

Prüfgeräte:

Einwinkel- und Mehrwinkel-Farbmessgerät
(Xrite + Byk Spectroguide)

Auswertung:

Farbabstände ΔE , ΔL , Δa , Δb

Metamerie-Index M_T



Berührungslose **Farbmessung**²

Prüfgerät:

Rechnergesteuertes Teleflash-Farbmessgerät

Auswertung:

ΔL und ΔE -Werte (mehrwinklig), gegen
Schwarz/Weiß-Standard



Farbarmusterungskabinen^{2,4,5}

Visueller Vergleich der Farbe von Beschichtungen

Prüfnorm:
DIN EN ISO 3668

Prüfgerät:
Farbbemusterungskabine mit genormten Lichtarten (Byk Gardner, GretagMacbeth)

Auswertung:
Visuelle Beurteilung



Mehrwinkelfarbmessung bei Metallics/Effektlacken

Mehrwinkelfarbmessung und Flop Index^{2,4,5}

Prüfgerät:
Farbmessgerät MA68 II (X-Rite Inc.),
5-Winkel: 15°, 25°, 45°, 75°, 110°

Auswertung:
 $L^*a^*b^*$, $\Delta L + \Delta a^* \Delta b^*$, $L^*C^*h^\circ$, $\Delta L^* \Delta C^* \Delta H^*$,
 $\Delta E_{L^*a^*b^*}$, ΔE_{cmc} , Flop Index



Mehrwinkelfarbmessung^{2,4}

Prüfgerät:
Farbmessgerät Byk-mac (Byk-Gardner),
5-Winkel: 15°, 25°, 45°, 75°, 110°;
zusätzliche Farbmessung „hinter dem Glanz“ zur Beurteilung des Farbflops bei Interferenzpigmenten bei -15°; Glitzer- und Körnigkeitsbeurteilung: Beurteilung des Gesamtfarbeindrucks von Effektlacken; spektrale Auflösung 10nm im Bereich 400-700 nm

Auswertung:
 $L^*a^*b^*$, $\Delta L + \Delta a^* \Delta b^*$, $L^*C^*h^\circ$, $\Delta L^* \Delta C^* \Delta H^*$,
 $\Delta E_{L^*a^*b^*}$, ΔE_{cmc} , Flop Index, Glitzer- und Körnigkeitsbeurteilung



Mehrwinkelfarbmessung^{2,4,5}

Prüfgerät:
Farbmessgerät MA98 (X-Rite Inc.); 10-
Messwinkel und 2 Beleuchtungswinkel

Auswertung:
Farbabstände ΔE , ΔL , Δa , Δb , Flop Index



Transparenz

Transparenzmessung^{2,4}

Prüfgerät:
Spektralphotometer Color i5 (X-Rite Inc.);
d/8° Kugelgeometrie
Datacolor 650

Auswertung:
Farbabstände ΔE , ΔL , Δa , Δb , Transparenz %,
Metamerie-Index M_T



Transmission, Reflexion, Absorption/UV-Vis-NIR

Bestimmung von **UV-Vis-NIR**-Transmission,
Reflexion und Absorption von
Beschichtungen¹

Prüfgerät:
UV-Vis-Spektrophotometer Lambda 900
 λ : 250 nm – 2500 nm

Auswertung:
Transmission [%], Reflexion [%], Absorption
[%]



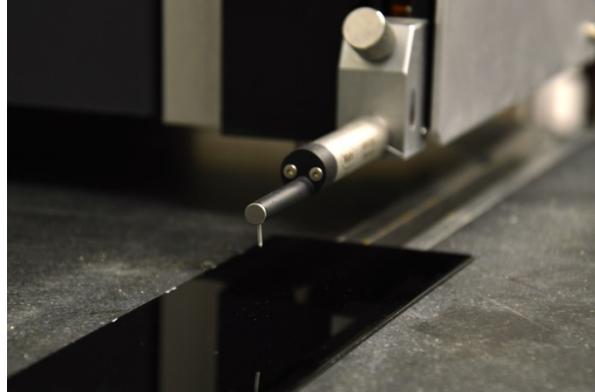
Oberflächenrauheit und -welligkeit

Mechanische Abtastung der Oberflächenrauheit mit dem **Labor-Tastschnitt-Messsystem**^{2,5}

Prüfnormen:
DIN EN ISO 4287, DIN EN ISO 4288, DIN EN ISO 13565, DIN EN ISO 8503-4

Prüfgerät:
Labor-Tastschnitt-Messsystem

Auswertung:
Rauheitskenngrößen R_a , R_z , R_{max}
Welligkeitskenngrößen W_t , W_a



Mechanische Abtastung der Oberflächenrauheit mit dem **mobilen Tastschnittgerät**²

Prüfnormen:
DIN EN ISO 4287, DIN EN ISO 4288, DIN EN ISO 13565, DIN EN ISO 8503-4

Prüfgerät:
Mobiles Tastschnittgerät

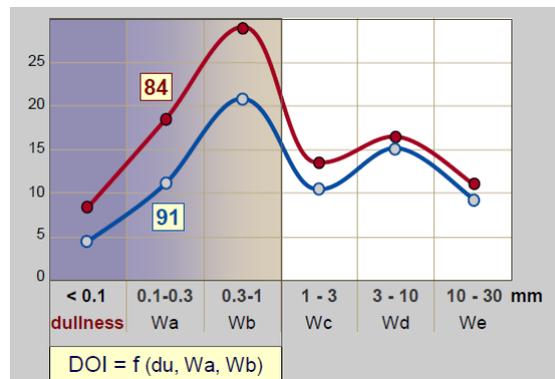
Auswertung:
Rauigkeitskenngrößen R_a , R_z , R_{max}



Bestimmung des Oberflächenverlaufs (**Orange-Peel**) mit dem **wave-scan**²

Prüfgerät:
Wave-Scan DOI

Auswertung:
Welligkeitswerte, Strukturspektrum



Schichtdicke

Bestimmung der (Trocken)-Schichtdicke von Lackierungen auf metallischem Untergrund mit dem **Magnetisch/Induktiven- bzw. Wirbelstromverfahren** ^{2, 5, 6}

Prüfnormen:

DIN EN ISO 2178, DIN EN ISO 2360, DIN EN ISO 2808

Prüfgerät:

Schichtdickenmessgerät (Fischer DualScope FMP40)

Besonderheit: 2-Punktsonde für raue Oberflächen



Auswertung:

Schichtdicke [μm]

Akkreditiertes Verfahren nach DIN EN ISO 17025

Bestimmung der Schichtdicke von Lackierungen auf nicht-metallischem Untergrund mit dem **Ultraschall-Verfahren**²

Prüfnormen:

DIN EN ISO 2178, DIN EN ISO 2360, DIN EN ISO 2808

Prüfgerät:

Ultraschall-Schichtdickenmessgerät

Auswertung:

Schichtdicke [μm]



Akkreditiertes Verfahren nach DIN EN ISO 17025

Folienschichtdicke^{2,4}

Prüfgerät:
Folienschichtdickenmessgerät (ATORN)

Auswertung:
Schichtdicke [μm]



Messung der **Schichtdickenverteilung**⁶

Prüfgerät:
Fraunhofer-IPA-Schichtdickenmesstisch

Auswertung:
Schichtdickenverteilung [μm]

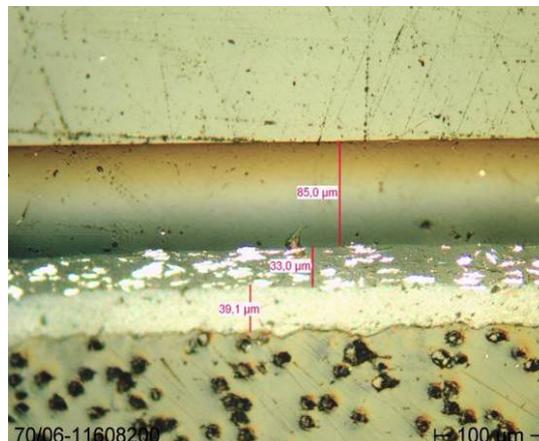


Mikroskopische Messung mit dem **Querschliff-Verfahren**^{1,2,5}

Prüfnormen:
DIN EN ISO 2808, DIN EN ISO 3882

Prüfgeräte:
Lichtmikroskop mit Schichtdickenmeseinheit und digitaler Bildanalyse, Einbettmittel und Einbettformen, Schleifteller, Schleif- und Polierpapier

Auswertung:
Schichtaufbau, Schichtdicke [μm]

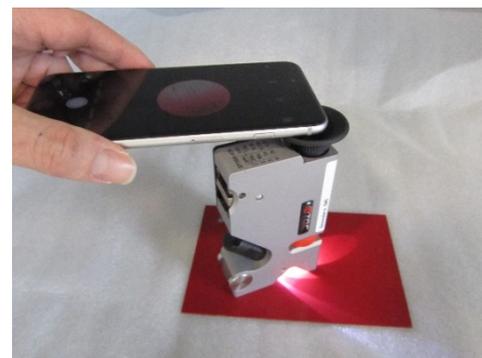


Messung mit dem **Keilschnitt-Verfahren**²

Prüfnormen:
DIN 50986, EN ISO 2808, ASTM D 4138

Prüfgerät:
Keilschnitt-Prüfgerät (Erichsen; Byk-Labatron)

Auswertung:
Schichtdicke [μm]



Schichtaufbau/Schichtanalyse

Anfertigung von **Querschliff**-Proben^{1,2}

Prüfgeräte:

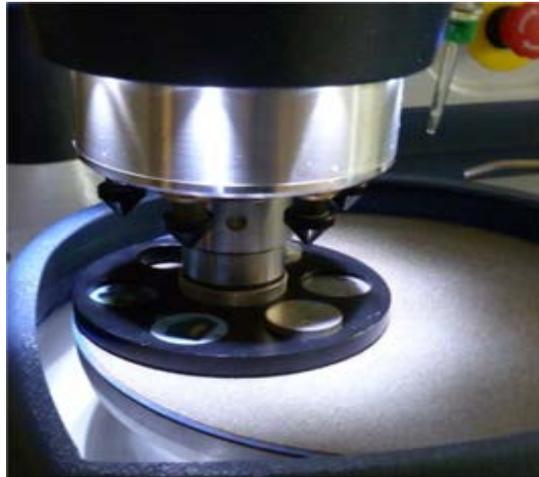
BUEHLER EcoMet® 250 Grinder Polisher,
Automet 250 Power Head®

Methode:

Proben-Präparation durch: Sägen, Einbetten,
Schleifen, Polieren

Auswertung:

Beurteilung/Messung der Schichtdicken mit
dem Lichtmikroskop oder REM;
Schichtaufbau



Querschnitt-Verfahren mit **FIB-REM**²

Prüfgerät:

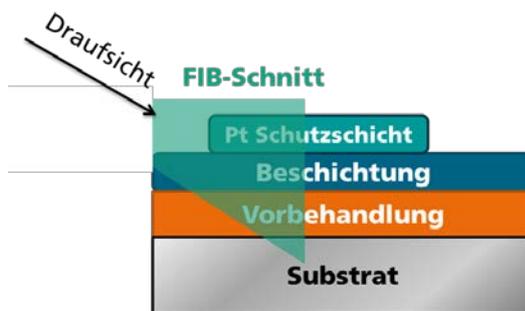
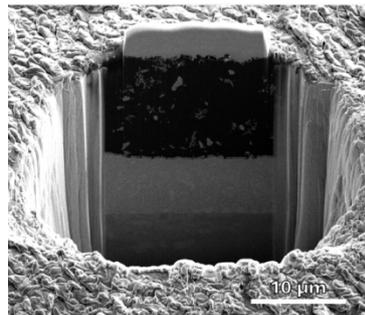
Helios Nano-Lab Rasterelektronenmikroskop

Methode:

Insitu-Erstellung von Querschnitten mit dem
FIB (Focused Ion Beam) und Untersuchung
mit REM und EDX

Auswertung:

Schichtaufbau, Schichtdicke [μm], (Partikel-)
Pigmentgröße und -verteilung,
Elementverteilung

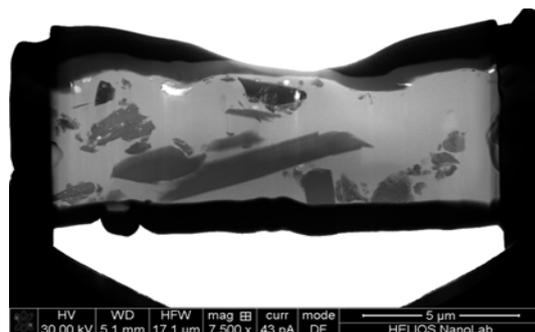


Raster-

Transmissionselektronenmikroskopie-
Präparation von Filmausschnitten (Lamellen)
mit FIB und Untersuchung der Lamellen mit
STEM/EDX²

Prüfgerät:

Helios Nano-Lab Rasterelektronenmikroskop
mit STEM/EDX



Hochaufgelöste
**Rasterelektronenmikroskopie-
Energiedispersive Röntgenspektroskopie**
(REM-EDX)²

Prüfgerät:
Helios Nano-Lab Rasterelektronenmikroskop

Auswertung:
Schichtaufbau, Elementzusammensetzung
von Schichten und Partikeln



Infrarotmikroskopie¹

Prüfgerät: Spotlight 200

Methoden:
Transmission, Reflexion, Mikro-ATR, single
point, multiple points, area map

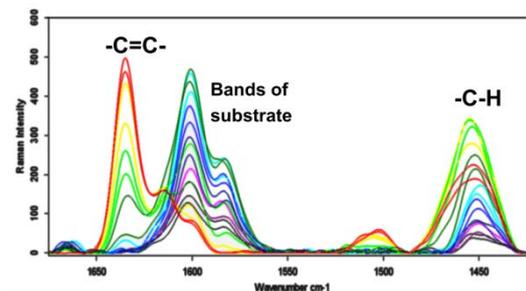
Auswertung:
Schichtanalyse, Detektion von Lackfehlern,
Inhomogenitäten, Einschlüssen



Konfokale Ramanspektroskopie²

Prüfgerät:
Bruker Senterra

Auswertung:
Analyse von transparenten Schichten



Wasserdampf- /Sauerstoffpermeation/Barrierewirkung

Sauerstoffpermeabilität von Folien und
freien Beschichtungsfilmen²

Prüfgerät:
Sauerstoffpermeationsmessgerät

Auswertung:
Permeabilität gegenüber Sauerstoff
[cm³/(m²*d)]



Wasserdampfpermeabilität von Folien und freien Beschichtungsfilmen²

Prüfgerät:
Wasserdampfpermeationsmessgerät

Auswertung:
Permeabilität gegenüber Wasserdampf



Wasserdampfpermeationsrate von Folien und freien Beschichtungsfilmen²

Prüfnorm:
DIN 53122-1

Prüfgerät:
Payne-Cup

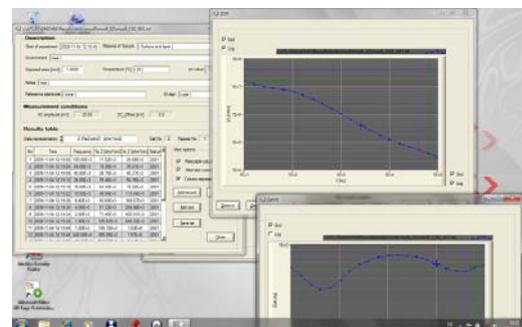
Auswertung:
Wasserdampfpermeationsrate [g/m²/d]



Bestimmung Wasseraufnahme, Delaminations- und Unterwanderungsresistenz von Beschichtungen mit der **elektrochemischen Impedanzspektroskopie (EIS)**²

Prüfgeräte:
Hochimpedanzanalysator (programmierbar), multiplexerfähig, Hochimpedanzanalysator (programmierbar), Hochimpedanz-Interface mit Frequenzanalysator

Auswertung:
EIS-Daten



Wasserdampfdiffusionsstromdichte bei Baufarben/Dispersionsfarben²

Prüfnorm:
DIN EN ISO 7783

Prüfgerät:
Glasfritten, Kunststoffdosen, Kunstkautschuk zum Abdichten

Auswertung:
Sd-Wert, V



Wasserdurchlässigkeit bei Baufarben²

Prüfnorm:
DIN EN 1062-3

Prüfgerät:
Wasserschalen, Kalksandsteinplatten

Auswertung:
Wasserdurchlässigkeit w



Adsorption an dünnen Schichten

Untersuchung von Adsorptionsvorgängen und Eigenschaften von dünnen Schichten mit der **Quarzkristallmikrowaage**⁴

Prüfgerät:
Q-Sense E1 Quarzkristallmikrowaage mit zusätzlicher Elektrochemiezelle (L.O.T.-ORIEL)



Prüfung von Lackierprozessen und lackiertechnischen Eigenschaften



Verarbeitungszeit/Topfzeit von Mehrkomponenten-Lacksystemen

Ermittlung der **max. Zeitspanne**, innerhalb der ein in getrennten Bestandteilen gelieferter Beschichtungsstoff nach dem Mischen zu verarbeiten ist^{2,5}

Prüfnorm:
DIN EN ISO 9514

Prüfmittel:
Behälter, Auslaufbecher, Thermometer,
Stoppuhr

Auswertung:
Verarbeitungszeit/Topfzeit t [min]



Luftströmung

Messung der Luftsink- und Strömungsgeschwindigkeit mit dem **thermoelektrischen Verfahren**⁵

Prüfgerät:
Thermo- und Flügelradanemometer

Auswertung:
Luftströmung [m/s]



Aufspüren und Lokalisieren von **Luftströmungen**^{5,6,7}

Prüfgerät:
Dräger Strömungsprüfer

Auswertung:
Feststellung von Luftstromrichtungen



Auftragswirkungsgrad von Flüssig- und Pulverlacken

Ermittlung der Massenzunahme des
Substrats bei der Beschichtung. **Ermittlung
der versprühten Lackmenge⁶**

Prüfnormen:

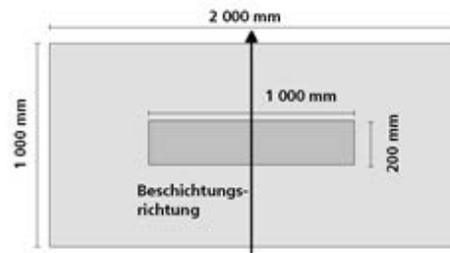
DIN ISO 8130-10, DIN EN 13966: 2003

Prüfgerät:

Fraunhofer IPA-Versuchsanlage

Auswertung:

Auftragswirkungsgrad AWG [%]



Ergiebigkeit

Ermittlung der Fläche des Substrates, die sich
mit einer bestimmten Lackmenge abdecken
lässt^{2,5}

Prüfnorm:

DIN EN ISO 4618, DIN EN ISO 3233-2,
DIN EN ISO 55987

Prüfgeräte:

Spektrophotometer, Lackapplikationsgerät,
Analysewaage, Kontrastuntergrund

Auswertung:

Ergiebigkeit [m^2/l] oder [m^2/kg],
Trockenfilmdichte, Festkörpervolumen,
Berechnung der theoretischen Ergiebigkeit

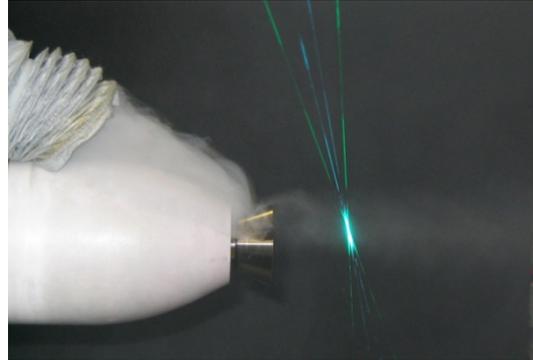


Sprühwolkenanalyse

Strömungssichtbarmachung mit dem
Laserlichtschnitt-Verfahren⁶

Prüfgeräte:
Laser-Doppler- und Phasen-Doppler-
Anemometer

Auswertung:
Visuelle Beurteilung des Sprühbildes



Sichtbarmachung von **Luftströmungen**⁶

Prüfgerät:
Nebelgenerator

Auswertung:
visuell



Sichtbarmachung und Temperaturverteilung
des Sprühstrahls mit **dem Thermografie-**
Verfahren⁵

Prüfgerät:
Thermokamera

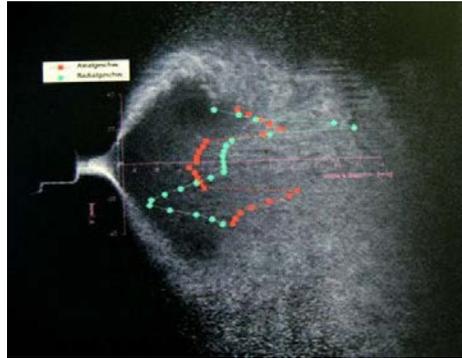
Auswertung:
Thermografische Bilder bzw. Filme



Messung der lokalen Partikelgröße und -
geschwindigkeit mittels **Laser-Doppler- und
Phasen Doppler-Anemometrie**⁶

Prüfgeräte:
Laser-Doppler- und Phasen-Doppler-
Anemometer

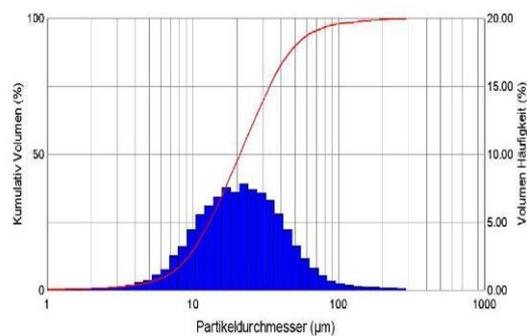
Auswertung:
Axial- und Vertikalgeschwindigkeit [m/s]
Partikelgröße [μm]



Messung der Lackpartikelgröße im
Sprühstrahl mit der **Laserbeugungs-
Methode**⁶

Prüfgerät:
Fraunhofer-Beugungsspektrometer

Auswertung:
Lackpartikelgröße und -verteilung



Untersuchung von Lackapplikations- und Lackversorgungskomponenten

Bestimmen der **Drehzahl**⁶

Prüfgerät:
Elektronisches digitales Messgerät für
Drehzahl und Geschwindigkeit

Auswertung:
Umdrehungen pro Minute



Bestimmung **von Geschwindigkeiten und
Positionen**⁶

Prüfgerät:
Geschwindigkeits- und Positionssensor

Auswertung:
Geschwindigkeit bzw. Position [V]



Bestimmen des **Luftvolumenstroms**⁶

Prüfgerät:
Durchflusssensor, Hitzdrahtanemometer

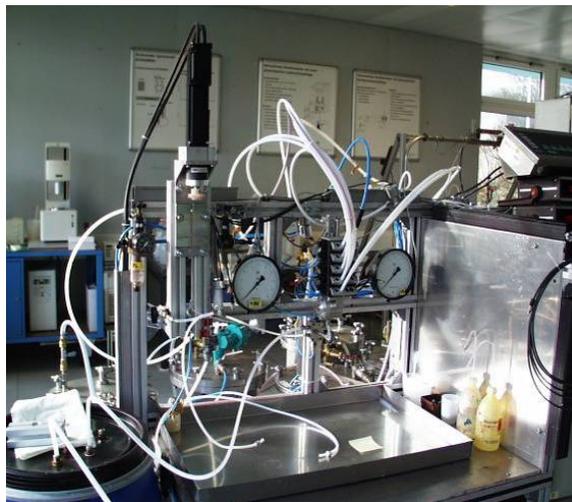
Auswertung:
Luftdurchfluss [NL/min]; Datenaufzeichnung
z.B. über Primas



Bestimmung der Einflüsse von
**Lackversorgungs-komponenten auf die
Material- und Verarbeitungseigenschaften** eines Lackes⁶

Prüfgeräte:
Fraunhofer-Komponentenprüfstand,
Fraunhofer-Modellringleitung mit einem
molchbaren Online-Viskosimeter

Auswertung:
Änderung der
Lackverarbeitungseigenschaften,
Farbtonveränderungen und Effektverluste
des applizierten Lackes



Bestimmen von **Drücken in Rohrleitungen
oder Schläuchen**⁶

Prüfgerät: Druckmessumformer

Auswertung: Strom 4 – 20 mA,
Datenaufzeichnung z.B. über Primas



Bestimmen von **Drücken in Rohrleitungen
oder Schläuchen**⁶

Prüfgerät:
Keller LEX 1 Manometer

Auswertung:
Druck [bar]



Bestimmung des **Volumenstroms in Rohrleitungen oder Schläuchen**⁶

Prüfgerät:
Zahnrad-Durchflussmessgeber

Auswertung:
4 – 20 mA

Datenaufzeichnung 0 – 10 V, 4 – 20 mA

Prüfgerät:
Primas

Auswertung:
Aufzeichnung von Messwerten



Untersuchung der **Ringleitungsstabilität**
eines Lacksystems⁶

Prüfgerät:
Fraunhofer-Modellringleitung mit einem
molchbaren Online-Viskosimeter

Auswertung:
Änderungen der Lackmaterialeigenschaft



Messung von **Körperschall**⁶

Prüfgerät:
Körperschallsensor

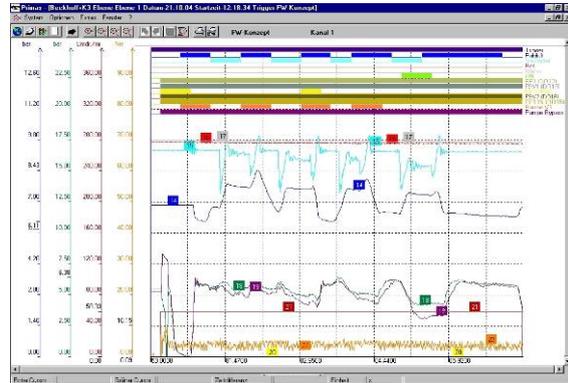
Auswertung:
Oszilloskop mit FFT Funktion



Bestimmung der **Spülbarkeit** und
Dosiergenauigkeit von
Lackapplikationskomponenten⁶

Prüfgerät:
Fraunhofer-Komponentenprüfstand

Auswertung:
Visuelle Beurteilung der Reinigungsergebnisse,
Aufnahme von Dosierpumpen-Druckverläufen
und -Schaltzuständen



Prüfung von Sprüheräten für Flüssig- und
Pulverlacke mittels Bestimmung der
Reproduzierbarkeit des **statischen und
dynamischen Spritzbildes**⁶

Prüfgerät:
Fraunhofer IPA-Schichtdickenmesstisch

Auswertung:
Aussehen und Schichtdickenverteilung des
Spritzbildes



Messung **von Hochspannung,
Glockendrehzahl, Luftmengen zur
Überprüfung** des Zerstäubers⁶

Prüfmittel:
Drehzahlmessgerät, Hochspannungslanze,
Luftmengenmessgerät

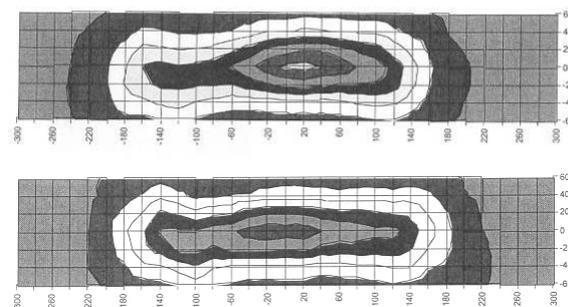
Auswertung:
Abgleich mit den Sollvorgaben



Prüfung der **Zerstäuberqualität** mittels
Bestimmung der Symmetrie des Spritzbildes
durch Messung der Druckverteilung der
Spritzluft⁶

Prüfgerät:
Luftkappe-Prüfstand mit Pitot-Sonden

Auswertung:
Visuelle Beurteilung des Spritzbildes
[gut/schlecht]



Lacktrocknung/-härtung

Berührungslose Temperaturmessung mit dem
Infrarot-Verfahren^{2,5}

Prüfgerät:
IR-Thermometer

Auswertung:
Temperatur T [°C]



Bestimmung des
Objekttemperaturverlaufes mit dem
Temperaturfühler^{2,5}

Prüfgerät:
Ofenschreiber

Auswertung:
Temperaturverlauf T [°C] / t [min]



Visualisierung und Bestimmung des
Temperaturverlaufs von Trocknungs- und
Härtungsprozessen^{2,5}

Prüfgerät:
Thermokamera

Auswertung:
Thermografische Bilder bzw. Filme

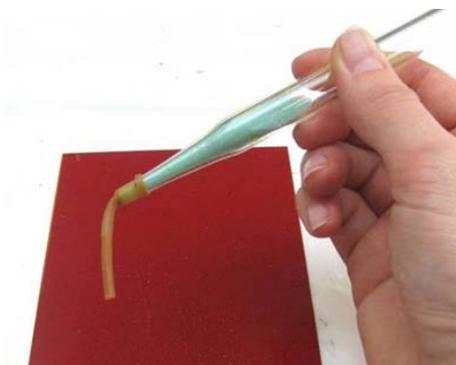


Prüfung der Oberflächentrocknung nach dem
Glasperlen-Verfahren^{2,5}

Prüfnorm:
DIN EN ISO 9117-3

Prüfmittel:
Glasperlen („Ballotini“), Haarpinsel

Auswertung:
„oberflächentrocken“ [Ja/Nein],
Oberflächentrocknungszeit t [min]



Prüfung der **Trocknungs- und
Alterungseigenschaften** von Lacken²

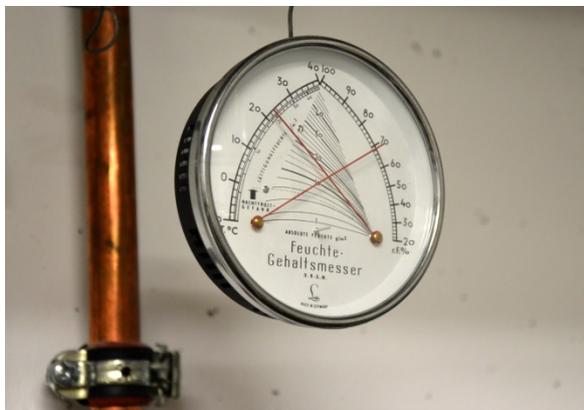
Prüfgeräte:
Einbrennofen für Coil Coating-
Beschichtungen

Temperaturbereich: 50 – 350 °C



Konditionierung und Lagerung von
lackierten Proben unter definierten
Temperatur- und Feuchte-Bedingungen²

Prüfräume:
Klimaräume mit z.B.: 23°C, 50% r.F.



Härtung von UV-Lacken und UV-härtenden
Druckfarben^{1,2}

Prüfgeräte:
Minicure-Anlage,
auch unter Inertgas - ohne Sauerstoff -
betreibbar



Lichtleistungsmessgeräte

Laserstrahlungsleistungsmessgerät²

Prüfgerät:
Fieldmaster GS, LM45HTD (Coherent),
 λ : 250 nm – 10600 nm

Auswertung:
Leistung [W/cm^2], Puls-Energiedichte [J/cm^2]



Messung der **UV-Strahlungsleistung**^{2,5}
Zeitliche Aufzeichnung der UV-
Strahlungsleistung simultan an mehreren
Stellen eines 3D-Bauteils
Zeitliche Aufzeichnung der UV-
Strahlungsintensität simultan an mehreren
Stellen eines 3D-Bauteils

Prüfgerät:
UV-Radiometer

Auswertung:
UV-Bestrahlungsstärke [W/cm^2], UV-
Energiedichte [J/cm^2]



UV-Leistungsmessgerät (u.a.zur Prüfung
der UV-Dosis bei UV-Härtung)²

Prüfgerät:
UMD-2 (eta plus; Metz Holding),
 λ : 210 nm – 380 nm

Auswertung:
UV-Leistung [W/cm^2], UV-Dosis [$\text{W}/\text{min cm}^2$]



Messung der **Beleuchtungsstärke**⁵

Prüfnormen:
ASTM D 1391, ASTM E 544

Prüfgerät:
Testo 540 - Luxmeter

Auswertung:
Lichtstärke [Lux]



Messung der **UV-Leistung** und -dosis im
Bereich 250 bis 1000 nm ⁶

Prüfgerät:
UV-Radiometer

Auswertung:
UV-Bestrahlungsstärke [W/cm²],
UV-Energiedichte [J/cm²]

Materialvolumenstrom

Messung der **Masse** pro Zeiteinheit eines
strömenden Mediums⁶

Prüfgerät:
Magnetisch-Induktives Durchflussmessgerät

Auswertung:
Materialvolumenstrom [ml/min]



Luftfeuchtigkeit und Temperatur der Umgebung

Zeitliche Aufzeichnung von **Klimadaten**^{2,5}

Prüfgerät:
Klimaschreiber; Präzisions-Temperatur- und Feuchtemessgerät

Auswertung:
Rel.-Luftfeuchte [%]
Temperatur T [°C]



Bestimmung **der Temperatur, Luftfeuchte, Taupunkt, Luftgeschwindigkeit, Luftdruck, Differenzdruck**^{5, 6}

Prüfgerät:
Multifunktions Lüftungsmessgerät

Auswertung:
Temperatur [°C], Luftgeschwindigkeit [m/s],
Taupunkt [°C], Luftfeuchte [% rh], Luftdruck [PA], Differenzdruck [Pa]



Elektrische Feldstärke

Bestimmung der **elektrischen Feldstärke**⁷

Prüfgerät:
Feldstärkemessgerät

Auswertung:
Elektrische Feldstärke E [V/m]



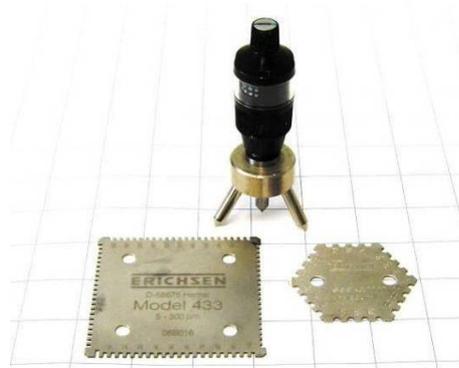
Schichtdicke des nicht ausgehärteten Lackes

Bestimmung der **Nassschichtdicke**²

Prüfnorm:
EN ISO 2808

Prüfgeräte:
Messkamm oder Messrad oder Messuhr

Auswertung:
Nassschichtdicke t_w [μm]



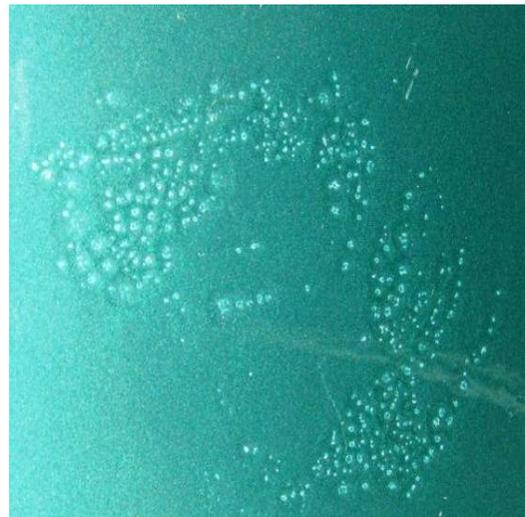
Lackverträglichkeit

Kontamination des flüssigen Lackes bzw. des Substrates mit den zu prüfenden Substanzen. Untersuchung auf **Benetzungstörungen** und Kratern der gehärteten Lackschicht^{1,2}

Prüfnorm:
z.B. LPV 0700.99000

Prüfgeräte:
Lackierkabine, Spritzpistole, Prüfbleche, Substrate, Beschichtungen, Beschichtungsstoffe, Prozesschemikalien und -stoffe, Umluftofen

Auswertung:
Lackverträglichkeit [Ja/Nein]



Lackbenetzungsstörende Substanzen (LABS)⁶

Prüfnormen:

SAA NA-01.0, Durchführung in Anlehnung
die Mercedes-Benz Werksnorm MBN 10494-
3, Durchführung in Anlehnung an die VW-
Konzernnorm PV 3.10.7

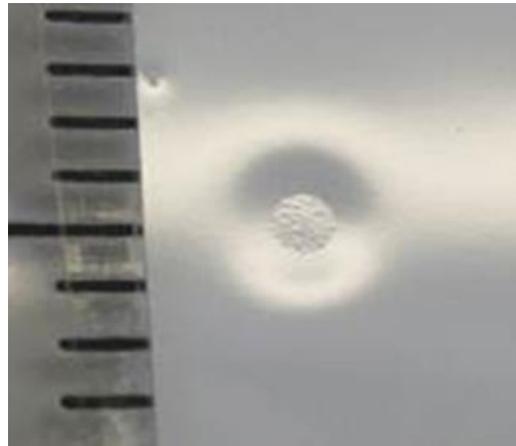
Methoden:

Überlackieren des Abriebs von Bauteilen, die
möglicherweise lackbenetzungsstörende
Stoffe enthalten
Extraktion von Stoffen aus Materialproben
bzw. aus Bauteilen mittels geeigneter
Lösemittel mit anschließendem Überlackieren
der auf Probenbleche aufgetragenen
Rückstände
Ablasen der Prüfteile auf ein Testsubstrat und
Überlackierung
Einbringen flüssiger und pastöser Proben in
die Lackmaterialien und Auflackieren der
kontaminierten Lacke

Auswertung:

Die Bewertung erfolgt visuell nach Trocknung
der Lackschicht

Akkreditiertes Verfahren nach DIN EN ISO
17025



Überlackierbarkeit von Beschichtungen

Überlackierung von ungealterten ein- oder
mehrschichtigen Anstrichen. Danach Prüfung
auf **Oberflächenstörungen**²

Prüfnorm:

DIN EN ISO 16927

Prüfgeräte:

Spritzpistole, Rakel, Gitterschnittmesser

Auswertung:

Visuell, Lackhaftung



Elektrotauchlackierungen

Abscheidung und Prüfung von
Elektrotauchlacken (ATL und KTL)²

Methode:

Beschichten von Testblechen mit KTL-
Materialien
Einbrennen der abgeschiedenen KTL-Filme



Prüfung der **Verträglichkeit** von
Fremdschubstanzen mit **Elektrotauchlacken**
(ATL und KTL)²

Methode:

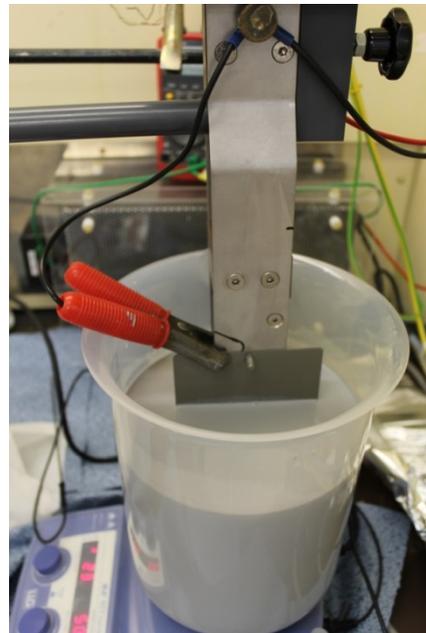
Beschichten von Testblechen mit den
kontaminierten KTL-Materialien
Einbrennen der abgeschiedenen KTL-Filme

Prüfnormen:

Diverse OEM-Normen

Auswertung:

Auswertung der beschichteten Testbleche
nach visuellen Störungen im Vergleich zu
Referenzblechen der jeweiligen KTL-Systeme



Untersuchungen zum Umwelt- und Arbeitsschutz



Lärm

Schallmessung⁵

Prüfnormen:
ASTM D 1391, ASTM E 544

Prüfgerät:
Schallpegel-Messgerät

Auswertung:
Schallpegelwert [dB]



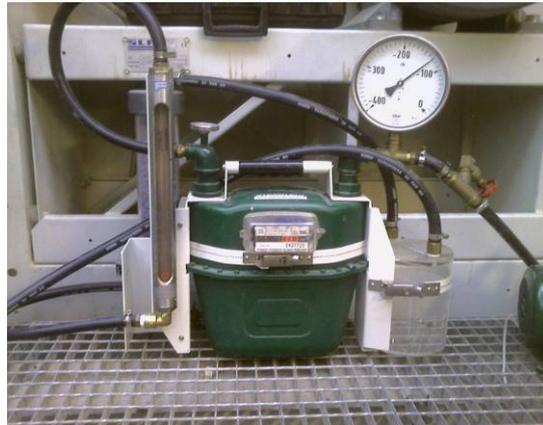
Abluft-Inhaltsstoffe

Bestimmung der **Partikelbelastung** von Abluftanlagen⁵

Prüfnorm:
VDI Richtlinie 2066 Blatt 1

Prüfgerät:
Abluft-Partikelmessgerät

Messgröße:
Festkörper in der Abluft [mg/Nm³]



Wärme

Lokalisierung und Bewertung der **Wärmeentwicklung** und des **Wärmeverlustes** von Geräten und Anlagen⁵

Prüfgerät:
Thermokamera

Auswertung:
Thermografische Bilder bzw. Filme



Lösemittelkonzentration

Bestimmung der **Gesamtkohlenstoffkonzentrationen** in der Abluft⁵

Prüfgerät:
Flammen-Ionisations-Detektor (FID)

Auswertung:
Gesamtkohlenstoffkonzentration in der Luft [ppm]



Fehler- und Schadensanalyse in der Lack- und Oberflächentechnik



Apparative Ausstattungen und Dienstleistungen

Durch unser Netzwerk mit weiteren Fraunhofer-Instituten, der Universität Stuttgart und anderen Instituten stehen uns nahezu alle bekannten Untersuchungsmethoden zur Fehleridentifizierung und Schadensursachenfindung im Bereich der Lack- und Oberflächentechnik zur Verfügung. In Ergänzung zu den eigenen Prüfeinrichtungen können wir nach Bedarf den optimalen Partner auswählen und die Problemanalyse unter unserer Federführung wahrnehmen. Wir nennen im Anschluss zur Beschreibung unserer Prüfeinrichtungen auch eine Reihe wichtiger extern zugänglicher Prüfmethoden.

Häufig vorkommende Fehler und Schäden im Bereich der Lackier- und Oberflächentechnik können nach folgenden Kategorien bzw. Fallunterscheidungen bzw. des ursächlichen Zusammenhangs zur Prozesskette (*kursiv*) unterteilt werden:

Fehler und Mängel aufgrund von undefinierten Zuständen der Substratoberfläche (Verunreinigungen, Trennmittel, korrosive Vorbelastungen...)

- Ungeeignete oder fehlerhafte Oberflächenvorbehandlungen
 - Mangelhafte Benetzbarkeit der Substratoberfläche
- Für das Substratmaterial ungeeignetes Lacksystem
 - Haftungs-, Korrosionsprobleme

Für die Anwendung/Anforderungen falsches Lacksystem, z.B. für Beschichtungen im Außenbereich

- Mangelnde Wetterbeständigkeit, Veränderung von Farbton und Glanzgrad, Rissbildung, Abblättern..

Fehlerhaftes Lackmaterial, z.B. Verunreinigungen im Lack, ungeeignete rheologische Eigenschaften, ungeeignete Rohstoffe (z.B. Verlaufs- und Netz-Additive)

- Schlechter Verlauf, Ablaufen an senkrechten Flächen, ungenügender Schichtaufbau, ungenügende Kantenabdeckung, Krater, Pinholes, Welligkeit, mangelnde Abdeckung von Strahlspitzen, Einschlüsse bis zum Untergrund, Haftungsprobleme, Blasenbildung und Korrosion

Fehler bei Dosierung (Mischungsverhältnis) und Homogenisierung von Mehrkomponenten-Lacken

- Ungenügende Vernetzung, unzureichende mechanische, chemische und Bewitterungseigenschaften der Beschichtung, unzureichender Korrosionsschutz

Fehler bei der Applikation, zu niedrige oder zu hohe Schichtdicke, zu kurzes Ablüften

- Haftungs-, Korrosionsprobleme, unzureichende Schutzwirkung gegen mechanische und chemische Beanspruchung; Kocherbildung, Reaktionsblasen z.B. bei zu hohen Schichtdicken bei Wasserlacken

Schmutzeintrag bei der Lackverarbeitung und Applikation und Trocknung

- Schmutzeinschlüsse und Oberflächendefekte, z.B. Krater, Pinholes, Rauheit und mangelnde optische Beschichtungseigenschaften; Defekte, die bis in den Untergrund reichen, können die Haftung und den Korrosionsschutz beeinträchtigen

Unzureichende Härtung des Lackes, zu kurzer Ofendurchlauf, Unter-/Überbrennen im Trockner

- Ungenügende Vernetzung: zu weicher Film oder durch Überbrennen teilweise Filmabbau führt zu unzureichenden mechanischen, chemischen Eigenschaften und zu schlechter Witterungsbeständigkeit der Beschichtung

Zu frühe Belastung nach ungenügender Härtung (insbesondere wasserbasierte Lacksysteme)

- Mangelhafte Frühwasserfestigkeit, Farbtonänderung durch Wassereinlagerung in innere Grenzflächen (Pigmente/Bindemittel); mechanische Beschädigungen und Filmdefekte durch Einwirkung von Chemikalien aufgrund nicht vollständiger Vernetzung

Die im Folgenden beschriebenen Methoden sind geeignet, die Versagensmuster zu identifizieren und das Auftreten dem Stadium innerhalb der Prozesskette zuzuordnen.

Die Ursachenforschung kann dabei fallweise sehr unterschiedliche Wege gehen: Analyse des Befunds am beschichteten Objekt und/oder erst durch Hinzuziehen von Prüfungen an Referenzlackmustern, Substratmustern mit/ohne Vorbehandlung (Vergleichsanalysen), die Untersuchung von Anlagenkomponenten bzw. -einstellungen sowie die Verifizierung des Befundes durch Herstellung einer Beschichtung aus den Ausgangsmaterialien unter definierten Prozessbedingungen und/oder mit entsprechenden, den Schaden reproduzierenden Belastungen, bis die Ursache gefunden wird. Aus dieser Vorgehensweise lassen sich dann auch Vorschläge zur Schadensvermeidung ableiten.

Die mikroskopischen und chemischen Verfahren dienen meist zur Identifizierung des Fehler- bzw. Schadensbildes und können bereits Hinweise auf die verursachende Prozessstufe liefern. Meist ist jedoch eine Kombination mit chemischen und physikalischen Prüfmethoden, mit spezifischen Empfindlichkeiten im Bulk und/oder in der obersten Schicht mit wenigen Moleküllagen notwendig (Oberflächenanalytik), um die oftmals komplexen Ursachen zu entschlüsseln und auf solider Basis Lösungsansätze zu erarbeiten.

Mikroskopische Verfahren

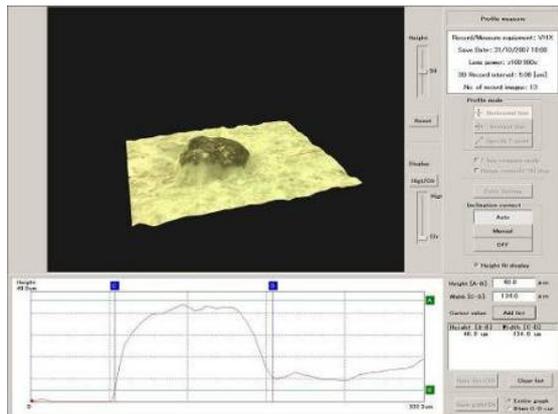
3D-Darstellung und Messung von Lackierfehlern mit dem **Digitalmikroskop**^{2,5}

Prüfgerät:

Mobiles Digitalmikroskop mit bis zu 5.000-facher Vergrößerung

Auswertung:

Lackfilmfehlerart, -form, -größe, -anzahl und -verteilung



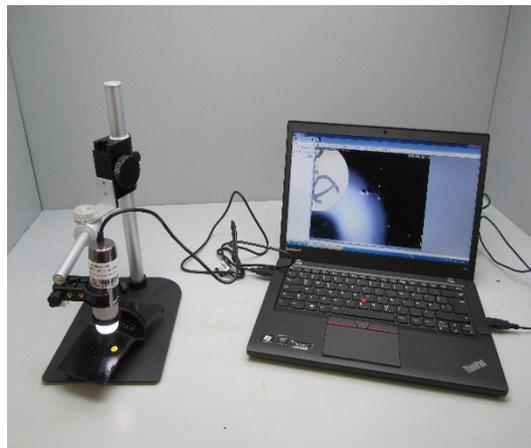
Messung von Lackierfehlern mit dem USB-**Digitalmikroskop** für den mobilen Einsatz^{2, 5}

Prüfgerät:

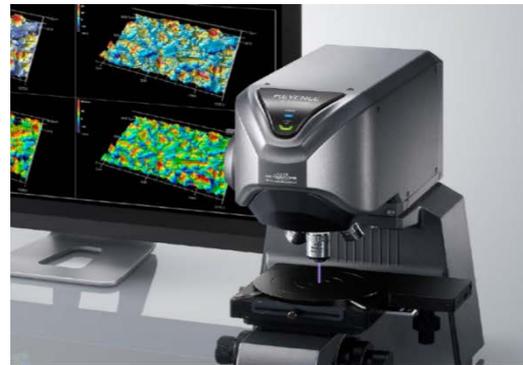
Digitalmikroskop mit LED-Ringlicht bis zu 250-facher Vergrößerung

Auswertung:

Lackfilmfehlerart, -form, -größe, -anzahl und -verteilung



Berührungslose Erfassung der Oberflächenrauheit und der Oberflächentopographie mittels der **Laser-Scanning-Mikroskopie**. Mithilfe der LSM werden durch die Kombination von Farbbild und hochaufgelöster Laser-Topographiemessung ein hochdetaillierteres 3D-Abbild des Messobjekts erzeugt^{2,4}



Prüfnormen:

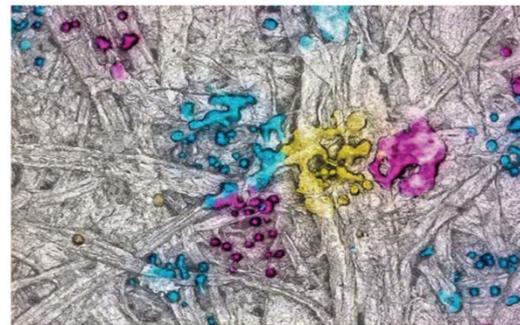
DIN EN ISO 4287, DIN EN ISO 4288, DIN EN ISO 13565, DIN EN ISO 8503-40020

Prüfgerät:

Keyence VK-X250/X150

Auswertung:

3D-Oberflächencharakterisierung,
Rauheitskenngrößen für 1D: R_a , R_z , R_{max} ;
Rauheitskenngrößen für 2D: SR_a , SR_z , SR_{max}



Vergrößerte Darstellung von Lackierfehlern mit dem **Rasterelektronenmikroskop** (REM); Bestimmung des Fehlerortes und **Elementanalyse** mit EDX-mapping²

Prüfgerät:

REM Helios Nano-Lab

Auswertung:

Lackfilmfehlerart, -form, Ort an der Oberfläche oder in der Schicht (bei Untersuchung von Querschnitten)

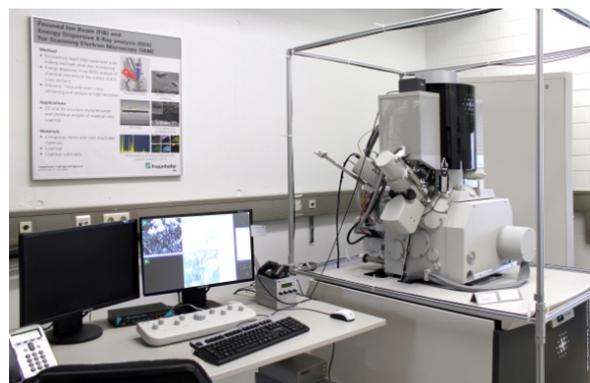


Abbildung der Topographie von Materialoberflächen mittels **Atomkraftmikroskopie**²

Prüfgerät:
Atomkraftmikroskop (AFM)

Auswertung:
3D-Darstellung von Oberflächen, Auflösung bis in den Nanometerbereich



Mikroskopische Untersuchung von Lackierfehlern nach Schichtabtrag mit dem **Mikrotomschnitt-Verfahren** und anschließende Analyse der Filmabschnitte und freigelegten Oberflächen^{1,2}

Prüfgeräte:
Mikrotomschnittgerät, Durchlichtmikroskop-/Auflichtmikroskop und IR und REM-EDX

Auswertung:
Lackfilmfehlerart, -form, -größe, -ort in der Schicht



Analyse von Lackoberflächen und Beschichtungen mit der **Infrarotmikroskopie**¹

Prüfgerät:
Spotlight 200

Methode:
Reflexion, Mikro-ATR, single point, multiple points, area map

Auswertung:
Analyse des IR-Spektrums der Fehlstellen durch Zuordnung der Absorptionsbanden



Chemische Analyse

Elementzusammensetzung und Elementverteilung der Oberfläche mittels **energiedispersiver Röntgenanalyse (EDX)**

2

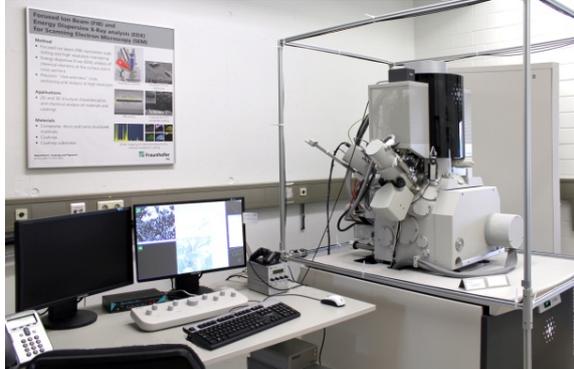
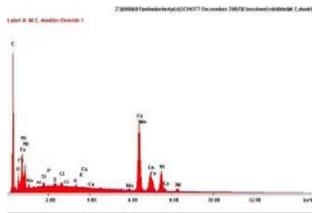
Prüfgerät:

Rasterelektronenmikroskop mit EDX-Analysensystem (REM/EDX)

Auswertung:

Element -Gew. [%]

Atom-Gew. [%]



Infrarotspektroskopie

Bestimmung organischer Oberflächenrückstände wie Öle, Fette, Silikone etc. mittels Infrarotspektroskopie (IR)^{1,6}

Prüfgerät:

FTIR-Spektrometer / NIR mit ATR-Einheit

Methode:

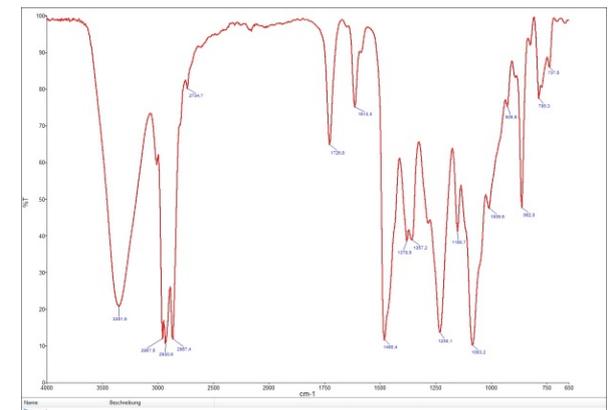
Messung im nahen (NIR) und mittleren (MIR) Infrarotbereich
ATR, Transmission, Mikrodiamant-Messzelle, Gasmesszelle

Auswertung:

Infrarotspektrum

Transmission T [%] / Wellenzahl ν [cm^{-1}]

Akkreditiertes Verfahren nach DIN EN ISO 17025



Qualitative und quantitative Bestimmung von
**Anionen, Tensiden, Komplexbildnern,
Carbonsäuren, Alkali- und
Erdalkalimetalle**¹

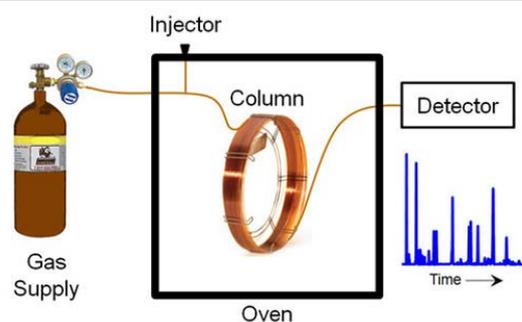
Prüfgerät:
Ionenchromatograph (IC)

Auswertung:
Gehalt [µg] [mg]

Qualitative und quantitative Bestimmung von
flüchtigen organischen Substanzen aus
Materialien mittels **Gaschromatographie
mit Massenspektrometrie** (GC-MS)¹

Prüfgerät:
Gaschromatograph (GC) mit
Massenspektrometrie (MS)

Auswertung:
Chromatogramm
Substanzart und -menge



Chemische Identifizierung unbekannter
Substanzen mittels **Massenspektrometrie**¹

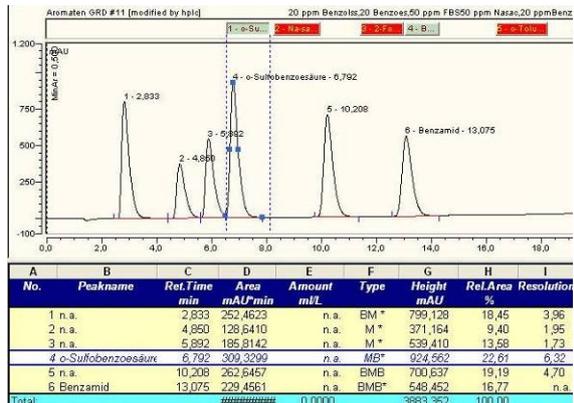
Prüfgerät:
Massenspektrometer (MS)

Auswertung:
Massenspektrum, chemische Identifizierung
von Fehlstellen, Substanzen, Einschlüssen,
Kraterflächen, Stippen

Qualitative und quantitative Bestimmung von gelösten organischen Substanzen¹

Prüfgerät:
Hochdruckflüssigkeits-Chromatograph (HPLC)

Auswertung:
Elutionsspektrum; quantitative Bestimmung löslicher organischer Substanzen, z.B. Weichmacher



Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA)⁵

Qualitative und quantitative Bestimmung der Schichtzusammensetzung in Feststoffen und in Lösungen, Bestimmung der Schichtdicke, RoHS-Messungen in Kunststoffen, Leiterplatten, Metallen. Punktuelle Untersuchung von Oberflächen

Prüfgerät:
Röntgenfluoreszenzspektrometer (RFA)

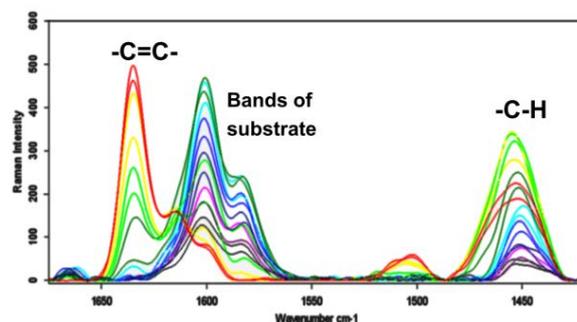
Auswertung:
RFA-Spektrum

Konfokale Ramanspektroskopie²

Verfahren zur Bestimmung der tiefenaufgelösten chemischen Zusammensetzung funktioneller Gruppen und Moleküle, z.B. Vernetzungsgrad von UV-Klarlacken, Anreicherung von Additiven in Grenzschichten

Prüfgerät:
Konfokales Ramanspektrometer
Laseranregung mit 785 nm (100 mW)
CCD – Detektor; Motorisierter X-Y-Z – Tisch
Mikroskopmodul

Auswertung:
Ramanspektrum



Elementaranalyse¹

Bestimmung der Elemente Kohlenstoff (C),
Wasserstoff (H), Sauerstoff (O), Stickstoff (N)
und Schwefel (S) zur chemischen
Identifizierung von Materialien

Prüfgerät:

Elementaranalysator

Auswertung:

Angabe der prozentualen Massenanteile des
jeweiligen Elements in der Probe [%]



ESCA Elektronenspektroskopie für die chemische Analyse bzw.

Photoelektronen-spektroskopie (XPS) .¹

Oberflächenanalytisches Verfahren zur
Bestimmung der Elementzusammensetzung
und des Oxidationszustandes der Elemente
von anorganischen und organischen
Materialien an Oberflächen (oberste
Atomlagen)

Prüfgerät:

Elektronenspektroskop zur Chemischen
Analyse (ESCA)

Auswertung:

ESCA-Spektrum nach Elementen und
Oxidationsstufe

ToF-SIMS² (time-of-flight-
Sekundärionenmassen-spektroskopie) zur
chemischen Analyse von
Oberflächenkontaminationen, z.B. bei
Kratern

Prüfgerät:

ToF-SIMS

Aufschluss von schwerlöslichen Verbindungen und mikrowellenbeschleunigte Lösemittel-Extraktion (MASE) mit Hilfe von Druck und Mikrowellenaufheizung¹

Prüfgerät:
Mikrowellendruckaufschluss-Gerät Discover SP-D

Methode:
Druck und Mikrowellenaufheizung



Bestimmung der Formaldehydemission einer Probe auf Basis der **Hantzschschen-Reaktion**¹

Prüfmittel:
Spektralphotometer, Prüflösung

Auswertung:
Formaldehydemission der Probe



Koronabehandlung zur Verbesserung der Haftung auf Kunststoffen¹

Gerät:
HF-Corona-Behandlungsanlage mit Handroller

Methode:
Erhöhung der Oberflächenenergie durch ein elektrochemisches Verfahren zur Oberflächenmodifikation von Kunststoffen



Physikalische Prüfmethoden

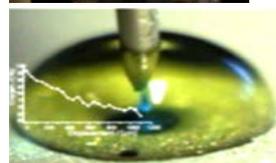
Bestimmung der Benetzung mittels
Kontaktwinkel-Methode^{1,2}

Prüfnorm:
DIN EN 828

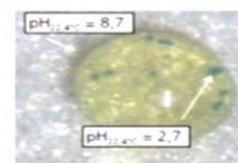
Prüfgerät:
Optisches Kontaktwinkelmessgerät, OCA 40/Micro

Methode: Sessile drop; 2 - 4 Prüfflüssigkeiten bekannter Oberflächenspannung

Auswertung:
Bestimmung der Gesamtoberflächenenergie sowie der polaren und dispersen Anteile in [mN/m]



O₂ concentration gradient within a water droplet



pH resolution within a w. droplet

Bestimmung der Oberflächenenergie mittels des Benetzungsverhalten verschiedener Testflüssigkeiten^{2,5}
(Union Carbide Methode)

Prüfmittel:
Testtinten, Teststifte

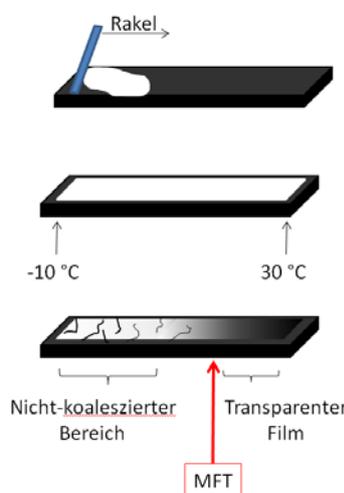
Auswertung:
Oberflächenspannung/-energie [mN/m]



Messung der **Mindestfilmbildetemperatur** (MFT) von Dispersionslacken, Dispersionsfarben und wasserverdünnbaren Bindemittel-Dispersionen²

Prüfgerät:
Temperatur-Gradienten-Prüfgerät, Thermo-Kryostat

Auswertung:
Mindestfilmbildetemperatur (MFT) T [°C]



Bestimmung rheologischer Eigenschaften von Lacken und anderen flüssigen Medien mit der **Oszillations- und Rotations-Rheometrie**, Bestimmung der Langzeitstabilität von Dispersionen^{1,2}

Prüfgeräte:

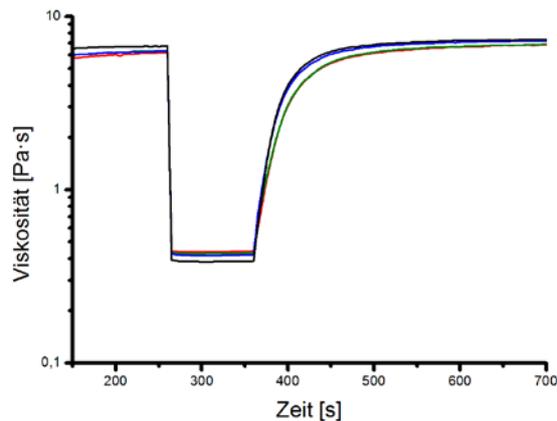
Rotationsviskosimeter UDS 200
Rotationsviskosimeter MCR 301

Methode:

Platte-Kegelsysteme: MK 22, MK 24
Platte/Platte Systeme: MP 31, MP 50
Rotations- und Oszillationsmodus; Sprung-Versuche;
Messung von UV-härtenden Lacken mit einer UV-Belichtungseinheit (mit UDS 200)

Auswertung:

Viskosität, Fließgrenze, Speicher- und Verlustmodul (G' und G''), T_g , etc.



Bestimmung der thermomechanischen Eigenschaften von organischen Beschichtungen, Kunststoffen (**dynamisch-mechanische Analyse**)¹

Prüfnorm:

DIN EN ISO 6721-1

Prüfgeräte:

DMA424C DMA 7e
Kraftbereich: bis 16 N;
Eplexor Kraftbereich: bis 150 N

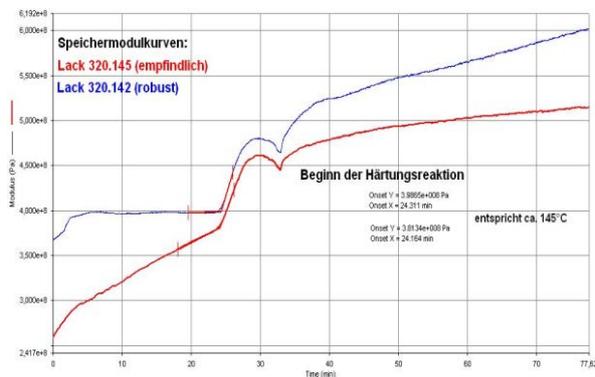
Methoden:

Zug, Druck, 3-Punkt-Biegung, Dual-Cantilever, Single-Cantilever, Scherung, Penetration

Auswertung:

Speicher- und Verlustmodul, Verlustwinkel $\tan \delta$, Glasübergangstemperatur T_g

Akkreditiertes Verfahren nach DIN EN ISO 17025



Thermogravimetrie

Charakterisierung und Identifikation von Beschichtungen, Polymeren und anderen Materialien und –veränderungen mit der Thermogravimetrie (TGA)¹

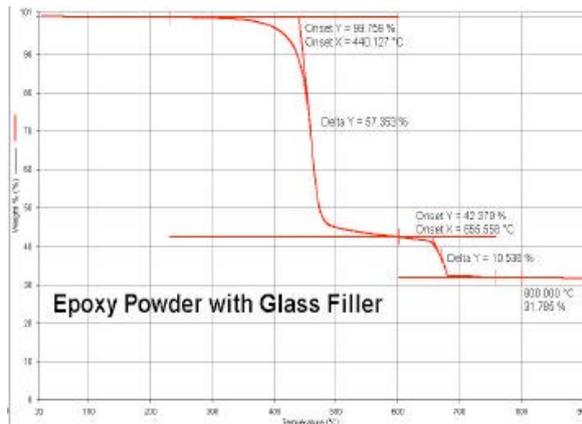
Prüfgerät:

Thermowaage Pyris 1 TGA

Auswertung:

Bestimmung temperaturabhängiger Massenänderungen aufgrund von Veränderungen, wie z.B. Verdampfung, Zersetzungen (Oxidation/Reduktion)

Akkreditiertes Verfahren nach DIN EN ISO 17025



Mehrwinkelfarbmessung^{2,4}

Zur Bestimmung von **Farbtonabweichungen**

Prüfgerät:

Farbmessgerät Byk-mac (Byk-Gardner), 5-Winkel: 15°, 25°, 45°, 75°, 110°; zusätzliche Farbmessung „hinter dem Glanz“ zur Beurteilung des Farbflops bei Interferenzpigmenten bei -15°; Glitzer- und Körnigkeitsbeurteilung: Beurteilung des Gesamt-Farbeindruckes von Effektlacken; spektrale Auflösung 10nm im Bereich 400-700 nm

Auswertung:

$L^*a^*b^*$, $\Delta L + \Delta a^* \Delta b^*$, $L^*C^*h^o$, $\Delta L^* \Delta C^* \Delta H^*$, $\Delta E_{L^*a^*b^*}$, ΔE_{cmc} , Flop Index, Glitzer- und Körnigkeitsbeurteilung



Berührungslose Farbmessung²

Prüfgerät:

Rechnergesteuertes Teleflash-Farbmessgerät

Auswertung:

ΔL und ΔE -Werte (mehrwinklig), gegen Schwarz/Weiß-Standard



Glanzmessung^{2,4,5}

Bestimmung des Reflektometerwertes von Beschichtungen

Prüfnorm:
DIN EN ISO 2813

Prüfgerät:
Glanzmessgerät Micro-Tri-Gloss

Auswertung:
Glanzgrad bei 20°-, 60°- und 85°-
Messwinkel



Verfahren zur Bestimmung der **dynamischen Oberflächenspannung** von Flüssigkeiten²

Prüfgerät:
Blasendruck-Tensiometer

Auswertung:
Oberflächenspannung σ [mN/m], [dyn/cm]

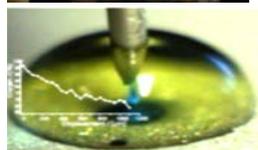


Bestimmung der **Oberflächenenergie** von Substratoberflächen der **Oberflächenspannung** von Flüssigkeiten, **Benetzung von Lacken** auf Substraten und der **Adhäsionsarbeit** W_{ad} ^{1,2}

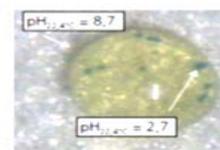
Methode:
Pendant drop (hängender Tropfen), Sessile drop (liegender Tropfen).

Prüfgerät:
DataPhysics OCA 40 Micro

Auswertung:
Berechnung der Oberflächenenergie mit polaren und dispersen Anteilen, Kontaktwinkel der Benetzung, Bestimmung der Adhäsionsarbeit W_{ad}



O₂ concentration gradient within a water droplet



pH resolution within a w. droplet

Kontakte/Ansprechpartner

Bei den Prüfmethoden sind jeweils Indizes beigefügt, die eine Zuordnung zu den im Folgenden genannten Ansprechpersonen ermöglichen:



Dr. rer. nat. Michael Hilt, MBA
Abteilungsleiter
Beschichtungssystem- und
Lackiertechnik
Telefon: +49 711 970-3820
Telefax: +49 711 970-3879
E-Mail:
michael.hilt@ipa.fraunhofer.de



Dr. Jörg von Seggern²
Gruppenleiter
Lackchemische Anwendungstechnik
Telefon: +49 711 970-3860
Telefax: +49 711 970-3879
E-Mail:
joerg.von.seggern@ipa.fraunhofer.de



Dr. Christina Bauder²
Projektleiterin
Lackchemische Anwendungstechnik
Telefon: +49 711 970-3869
Telefax: +49 711 970-3879
E-Mail:
christina.bauder@ipa.fraunhofer.de



Dr. rer. nat. Matthias Wanner²
Projektleiter
Lackchemische Anwendungstechnik
Telefon: +49 711 970-3852
Telefax: +49 711 970-3879
E-Mail:
matthias.wanner@ipa.fraunhofer.de



Dr. rer. nat. Volker Wegmann⁵
Gruppenleiter
Lackierprozessentwicklung
Telefon: +49 711 970-1753
Telefax: +49 711 970-3879
E-Mail:
volker.wegmann@ipa.fraunhofer.de



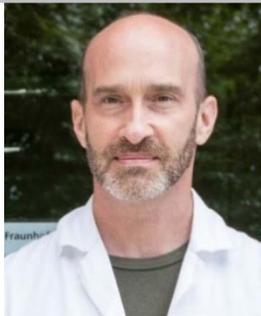
Dipl.-Ing. (FH) M. Hung Tran⁵
Projektleiter
Lackierprozessentwicklung
Telefon: +49 711 970-1896
Telefax: +49 711 970-3879
E-Mail:
manh-hung.tran@ipa.fraunhofer.de



Dipl.-Ing. (FH) Dirk Michels⁵
Fachthemenleiter
Lackierprozessentwicklung
Telefon: +49 711 970-3733
Telefax: +49 711 970-3879
E-Mail:
dirk.michels@ipa.fraunhofer.de



Dr. Norbert Pietschmann¹
Gruppenleiter
Analytik und Stoffprüfungen
Telefon: + 49 711 970-3831
Telefax: +49 711 970-3879
E-Mail:
norbert.pietschmann@ipa.fraunhofer.de



Dipl.-Ing. (FH) Markus Keuerleber¹
Projektleiter
Analytik und Stoffprüfungen
Telefon: +49 711 970-3828
Telefax: +49 711 970-3879
E-Mail:
markus.keuerleber@ipa.fraunhofer.de



Dipl.-Chem. Heinz Greisiger⁴
Projektleiter
Pigmente und Beschichtungen
Telefon: +49 711 970-3849
Telefax: +49 711 970-3879
E-Mail:
heinz.greisiger@ipa.fraunhofer.de



Dr. rer. nat. Marc Entenmann⁴
Gruppenleiter
Pigmente und Beschichtungen
Telefon: + 49 711 970-3854
Telefax: +49 711 970-3879
E-Mail:
marc.entenmann@ipa.fraunhofer.de



Dr. rer. nat. Oliver Tiedje⁶
Gruppenleiter
**Nassapplikations- und
Simulationstechnik**
Telefon: +49 711 970-1773
Telefax: +49 711 970-3879
E-Mail:
oliver.tiedje@ipa.fraunhofer.de



Dipl.-Ing. (FH) Markus Cudazzo⁷
Gruppenleiter
Pulverapplikationstechnik
Telefon: +49 711 970-1761
Telefax: +49 711 970-3879
E-Mail:
markus.cudazzo@ipa.fraunhofer.de

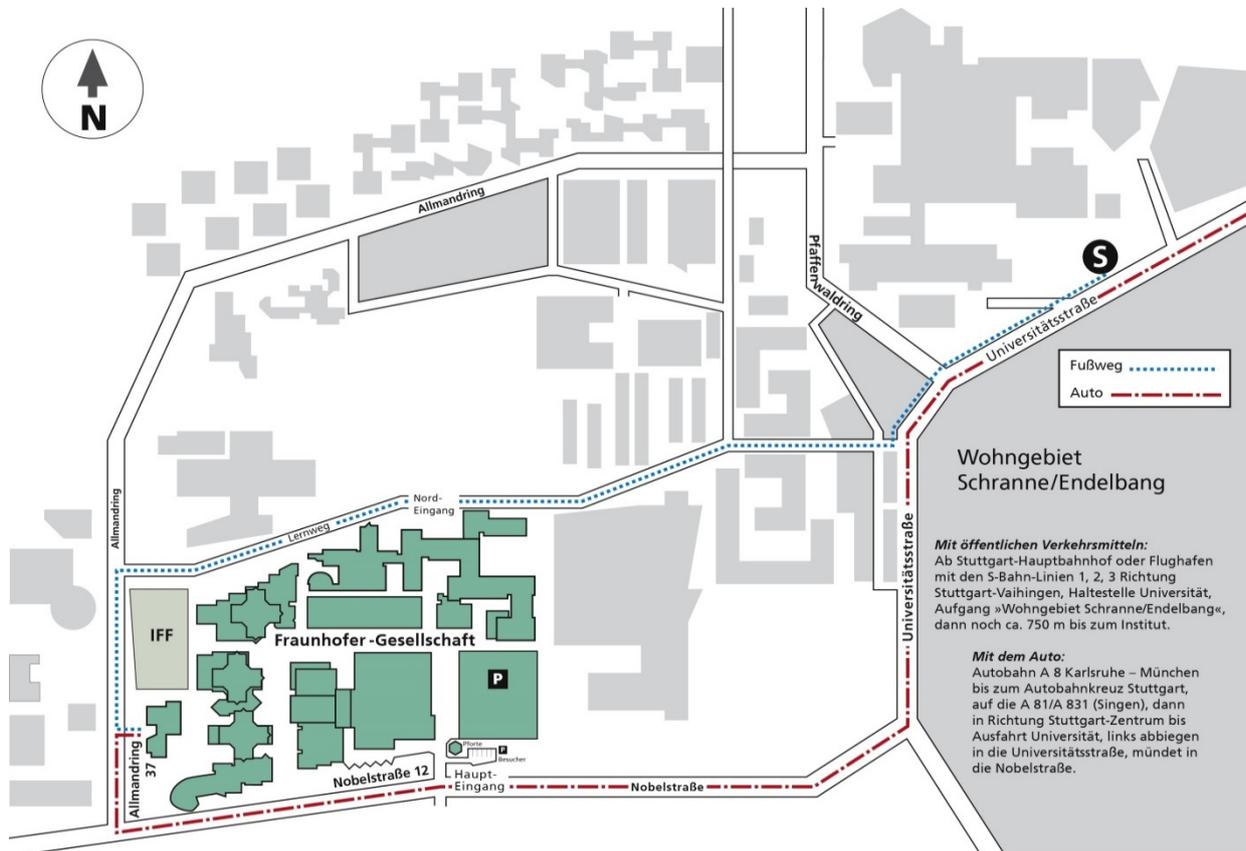
Anfahrt

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA

Abteilung Beschichtungssystem- und Lackiertechnik

Nobelstraße 12 Allmandring 37

70569 Stuttgart 70569 Stuttgart



Mit dem Auto

- Autobahn A 8 Karlsruhe - München bis zum Autobahnkreuz Stuttgart
- hier auf die A 81/A 831 (Singen), dann in Richtung Stuttgart-Zentrum bis Ausfahrt Universität
- dort links abbiegen in die Universitätsstraße, diese mündet in die Nobelstraße, am Allmandring rechts einbiegen

Mit dem Taxi

- Vom Flughafen zum Institutszentrum der Fraunhofer-Gesellschaft ca. 13 km
- Vom Hauptbahnhof zum Institutszentrum ca. 12 km

Mit öffentlichen Verkehrsmitteln

- Ab Stuttgart-Hauptbahnhof oder Flughafen mit den S-Bahn-Linien 1, 2, 3 in Richtung Vaihingen
- Haltestelle Universität
- Ausgang »Wohngebiet Schranne/ Endelbang«, dann noch ca. 800 m oder mit den Buslinien 92 oder 82/84 von der S-Bahn-Station aus (2 Stationen bis zur Nobelstraße) bis zum Institut

Stichwortverzeichnis

A

Ablaufneigung 23
 Abreibfestigkeit 48
 Abreibversuch 47
 ABREX Prüfung 49
 Abriebprüfung 49
 Abschleifmethode 49, 50
 Absorption 13, 80
 Acidität 27
 Acoustosizer 42
 Adsorption an dünnen Schichten 44, 87
 Alkalimetall Bestimmung 114
 Alterungseigenschaften 97
 Anemometer 92
 Anionen Bestimmung 114
 Appearance 76
 Aräometer 25
 Asche 19
 Atomkraftmikroskopie (AFM) 8, 112
 Aufladbarkeit eines Flüssiglackes 30
 Aufladbarkeit eines Pulverlackes 38
 Aufladungsverhalten, triboelektrisches 39
 Aufschluss von schwerlöslichen Verbindungen 117
 Auftragswirkungsgrad 90
 Auftragswirkungsgrad von Flüssig- und Pulverlacken 90
 Ausdehnungskoeffizient 61
 Auslaufbecher 21
 Auslaufzeit 21
 Axial- und Vertikalgeschwindigkeit 92

B

Badverschmutzung 18
 Ballotini (Glasperlen) 24, 75, 96
 Beleuchtungsstärke 99
 Benetzung 10, 118, 121
 Beständigkeit gegenüber Chemikalien 60
 Beständigkeit gegenüber Witterungseinflüssen 66
 Bestimmung der tiefenaufgelösten chemischen Zusammensetzung funktioneller Gruppen und Moleküle 115
 Bestimmung von gelösten organischen Substanzen 115
 BET- Oberflächen 43
 Blasendruck-Verfahren 17, 27
 Bleistifthärte 58
 Brennverhalten 54
 Bresle-Test 4
 Brillanz 76
 Buchholzhärte 57

C

Carbonsäuren Bestimmung 114
 Chemikalienbeständigkeit 60
 chemische Identifizierung unbekannter Substanzen 114
 chemische Zusammensetzung der (Substrat)-Oberfläche 14
 Chemisorptionsmessung 43
 Crockmeter 50

D

Dampfstrahlprüfung 46
 Deckvermögen 22
 Delaminationsresistenz 11, 12, 73
 Dichtebestimmung 25, 26
 Dichtebestimmung, online 18
 Dielektrizitätskonstante 38
 Differenzdruck 100
 Differenzialkalorimetrie (DSC) 32
 Dilatometrie (DIL) 61
 Dispergiertüte 29
 Dornbiegeprüfung (konisch) 56
 Dornbiegeprüfung (zylindrisch) 55
 Dosiergenauigkeit von Lackapplikationskomponenten 95
 Dosierpumpen-Druckverläufe 95
 Drehzahl 92
 Drücken in Rohrleitungen 93
 Druckprüfung 76
 Druckwasserstrahlprüfgerät 46
 Durchgangswiderstand 59
 Durchschlagsspannung 60
 Dynamisch mechanische Analyse (DMA) 52
 dynamische Oberflächenspannung 27, 121
 dynamische Oberflächenspannung von Flüssigkeiten 17

E

Eindringhärte 6
 Eindruckprüfung 57
 Einschlüssen 85
 Elastizität einer Beschichtung 54
 Elektrische Feldstärke 100
 Elektrische Isolationsfähigkeit 59
 elektrische Leitfähigkeit 30
 elektrischer Leitwert 19
 Elektrochemische Impedanzspektroskopie (EIS) 86
 Elektrochemisches Potenzial 72, 73
 Elektronenspinresonanz (ESR) 68
 Elektrotauchlackierungen 103
 Elementaranalyse 116
 Elementverteilung 84, 113

Elementverteilung der Oberfläche 6
 Elementzusammensetzung 85, 113, 116
 Emissionsanalyse 14
 Energiedispersive Röntgenspektroskopie (EDX)
 6, 14, 113
 Erdalkalimetall Bestimmung 114
 Ergiebigkeit 22, 90

F

Farbabmusterungskabinen 79
 Farbabstände 78
 Farbmessung 78, 79, 120
 Fehlstellen 60
 Ferroxytest 3
 Festkörper 19
 Festkörper in der Abluft 105
 Festkörperanteil 25
 Festkörpergehalt 18
 Festkörpervolumen 23, 90
 Feuchte-Bestimmung an der Oberfläche 7
 Filiformkorrosion 72
 Flammpunkt 28
 Fließgrenze 119
 Flop Index 79
 flüchtige organische Substanzen 114
 Fluidisierbarkeit von Pulverlacken 35
 Fluoreszenzstrahlung 67
 Fogging-Test-System 14
 Fokussierter Ionen Strahl (FIB) 84
 Folienschichtdicke 83
 Formaldehydemission 117
 FPL-Kurzzeittest 74
 Freibewitterung 65

G

Gaschromatographie (GC-MS) 31, 114
 Gesamtkohlenstoffkonzentration in der Luft 106
 Gesamtoberflächenspannung 28
 Gitterschnittprüfung 46
 Glanzmessung 77, 121
 Glanzschleier 77
 Gasperlen-Verfahren 24, 75, 96
 Glasübergangstemperatur (T_g) 32, 33, 36, 52, 53,
 119
 Gleitfähigkeit 59
 Glitzer-Effekt 77
 Glockendrehzahl 95
 Grindometer 29

H

Haagen-Test 69
 Haftfestigkeit 47
 Haftung 46
 Haftung von Wuchtgewichten 48
 Härte 56
 Haze-Gloss 78
 Heißlichtalterung 67
 Heisswassertest 62

Hochspannung 95
 Hydrolysebeständigkeit 63

I

Impact-Tester 55
 Infrarotmikroskopie 5, 15, 85, 112
 Infrarotspektroskopie 5, 15, 31, 113
 Infrarot-Verfahren 96
 Inhomogenitäten 85
 Innere Spannungen 53
 Ionenchromatograph (IC) 114
 IQT-Messverfahren 39
 Isolationstester 59

K

Kältebeständigkeit 63
 Karl-Fischer-Verfahren 26
 Keilschnitt-Verfahren 83
 Kesternitest 61
 Klebeband-Abzug 4
 Klebebandverfahren (Kreidung) 74
 Klimaräume 97
 Klimawechseltest 64
 Kochtest 62
 Kofler Heizbank 35
 Komplexbildner Bestimmung 114
 Kondenswassertest 61
 Konditionierung 97
 Konduktometrie 4
 Kontaktwinkel 10, 28, 39, 118, 121
 Kontrastverhältnis 23
 Korngrößenverteilung 37
 Körnigkeit 29
 Koronabehandlung 117
 Körperschall 94
 Korrosionsbeständigkeit 69
 Korrosionspotenzial 11, 73
 Korrosionsstabilität 11, 12, 73
 Korrosionsstabilität von Substraten 72
 Korrosionswechseltest 70
 Korrosionswechseltest für Multi-Metall 71
 Kratzfestigkeit 51
 Kreidungsgrad 74, 75
 Kristallisation 33, 36, 53
 Kugelschlagprüfung nach Wegner 55
 Künstliche Bewitterung 65
 Kupfersulfattest 4

L

Labor-Waschanlage 51
 Lackbenetzungsstörende Substanzen 102
 Lackfehler 85
 Lackierfehler 110, 111, 112
 Lackoberfläche 112
 Lackpartikelgröße im Sprühstrahl 92
 Lackverarbeitungseigenschaften 93
 Lackverträglichkeit 101
 Ladungsspektrometer 38

Lagerung 97
 Langzeitstabilität von Dispersionen 22, 119
 Langzeitverhalten 52
 Laserbeschriftbarkeit von Beschichtungen 68
 Laserbeugungs-Methode 92
 Laserlichtschnitt-Verfahren 91
 Laser-Scanning-Mikroskopie 3, 8, 111
 Laserstrahlungsleistung 98
 Leitfähigkeitsmessung 4, 17, 30, 59
 Licht-Brechungsindex in Flüssigkeiten 19
 Lichtstärke 99
 Lösemittelkonzentration 19
 Luftdruck 100
 Luftdurchfluss 93
 Luftfeuchte 100
 Luftgeschwindigkeit 100
 Luftreinigung 44
 Luftstromrichtungen 89
 Luftströmung 89, 91
 Luftvolumenstrom 93

M

Mahlfineinheit 29
 Martenshärte 6, 58
 Massenänderung 32, 33, 36
 Mastersizer 42
 Materialvolumenstrom 99
 Mehrwinkelfarbmessung 79, 80, 120
 MEQ-Wert 19
 Metamerie 78
 Mikrohärtigkeit 6, 58
 Mikropartikel 5
 Mikrotomschnitt-Verfahren 112
 Mindestfilmbildetemperatur 118
 Mindestfilmbildetemperatur (MFT) 24

N

Nano-Scratch-Test 51
 Nanosizer 42
 Nassabriebbeständigkeit 50
 Nassschichtdicke 29, 101
 NO_x - Abbau 44

O

Oberflächenanalyse 37
 Oberflächenchemie 4
 Oberflächenenergie 9, 118, 121
 Oberflächenenergie von Beschichtungen, Pulvern
 und Pigmenten 39
 Oberflächenenergie von Pulverlack-Schmelzen 40
 Oberflächenhärte 8
 Oberflächenkontamination 116
 Oberflächenleitfähigkeit 11
 Oberflächenmorphologie 2
 Oberflächenrauheit 2, 3, 8, 81, 111
 Oberflächenreinheit 4
 Oberflächenrückstände und Verunreinigungen 5
 Oberflächenspannung von Flüssigkeiten 18

Oberflächentemperatur 12
 Oberflächentemperaturverlauf 13
 Oberflächentopographie 3, 7, 8, 72, 73, 111
 Oberflächentrocknung 24, 75, 96
 Oberflächenverlauf 81
 Oberflächenwiderstand 11, 59
 Objekttemperatur 13
 Objekttemperaturverlauf 96
 Ofenkurven 52
 Orange-Peel 81
 organische Oberflächenrückstände 113
 Oszillationsrheometrie 22
 Oxidationszustand 116

P

Partikelanalyse 37
 Partikelbelastung von Abluftanlagen 105
 Partikelgröße 92
 partikelgrößenspezifische Aufladung 38
 Partikelgrößenverteilung 42
 Partikelmobilität 42
 Passive Thermographie 13
 Pendant-Drop (hängender Tropfen)-Methode 28
 Pendelhärte 56
 Permittivität 38
 Pflegebeständigkeit 50
 Photoelektronen Spektroskopie (XPS) 116
 Photokatalytische Aktivität 43, 68
 pH-Wert 17, 19, 26
 Pigmentgröße 84
 Poren 60
 Porosität 43
 Porosität von Vorbehandlungsschichten 3
 Potentiometer 19
 Profilometer 2
 Puls- und Lockin-Thermographie 13
 Puls-Energiedichte 98
 Pyknometer 25

Q

Quarzkristallmikrowaage 87
 Quellbarkeit von Beschichtungen 61
 Querschliff-Proben 84
 Querschliff-Verfahren 83
 Querschnitt-Verfahren 84
 QUV-Test 67

R

Radikalbildung 68
 Ramanspektroskopie 15, 85, 115
 Rasterelektronenmikroskopie 8, 14
 Raster-Kelvin-Sonde (SKP) 9, 11, 12, 72, 73
 Rasterkraftmikroskopie (AFM) 112
 Rauheit 2
 Redoxpotential 19
 Reflexion 13, 80
 Reflexionsfotometrie 7
 Refraktometer 19

Reibrad-Verfahren 49
 Reibwert μ 59
 Rel.-Luftfeuchte 100
 rheologische Eigenschaften 22, 119
 Rheometer 21
 Ringleitungsstabilität 94
 Ritzhärte 57
 Röntgenanalyse (EDX) 14
 Rotationsviskosimetrie 21

S

Salzgehalt 4
 Salzrückständen auf Substrat-oberflächen 4
 Salzsprühnebeltest 69
 Samtverfahren (Kreidung) 74
 Sauerstoffpermeabilität 85
 Schallmessung 105
 Scherfestigkeit 48
 Schichtanalyse 84, 85
 Schichtaufbau 83, 84, 85
 Schichtdicke 82, 83, 84
 Schichtdicke von Pulverlacken 39
 Schichtdickenverteilung 83
 Schichtzusammensetzung 115
 Schlagtiefe 55
 Schmelzen 33, 36, 53
 Schmelzpunkt von Feststoffen 35
 Schmelztemperatur 32
 Schmisshärte 57
 Schmutzpartikeln auf Oberflächen 4
 Schüttdichte 38
 Shore-Härte 58
 Simulation von Langzeitbeanspruchung 74
 Simultane Thermische Analyse (STA) 33, 36, 53
 Speicher- und Verlustmodul 52, 119
 Spritzbild 95
 Sprühbild 91
 Spülbarkeit von Lackapplikationskomponenten 95
 Stabilität 33, 36, 53
 Stapelfähigkeit 76
 Steinschlagfestigkeit 47
 Steinschlagprüfung Multischlag 47
 Stirnabzugstest 47
 Stressmeter 53
 Strom-/Spannungskurven 73

T

Taber-Abraser 49
 Tastschnitt-Messgerät 2, 81
 Taupunkt 100
 Teilchengröße 42
 Temperatur 100
 Temperatur-Gradienten-Prüfgerät 24
 Temperaturlagerbeständigkeit 64
 Temperaturmessung 96
 Temperaturverlauf 96
 Temperaturverteilung des Sprühstrahls 91
 Tensiden Bestimmung 114

Tensidkonzentration 18
 Tensiometer 17, 18, 27, 39
 Thermografie 12, 91
 Thermogravimetrie (TGA) 32, 120
 Thermo-Kryostat 24
 thermomechanische Eigenschaften 119
 Tiefungsprüfung 54
 Time-Domain-Reflektometrie (TDR) 30, 38
 Titration, coulometrisch 26
 Titration, volumetrisch 26
 Titrimetrie 27
 Topfzeit 89
 Topographie 112
 Transmission 13, 80
 transparente Schichten 85
 Transparenzmessung 80
 tribologisches Verfahren 59
 Trockenfilmdichte 90
 Trockengrad 24
 Trockenzeit 24
 Trocknungsvorgänge 33, 36, 53
 Trocknungszustand 75
 Trübungsgrad 27, 42

U

Überlackierbarkeit von Beschichtungen 102
 Union-Carbide-Methode 9
 Universalhärte 58
 Unterwanderungsresistenz 86
 UV/Vis/NIR Spektrometer 13, 80
 UV-Bestrahlungsstärke 98, 99
 UV-Dosis 98
 UV-Energiedichte 98, 99
 UV-Fluoreszenzmessgerät 18
 UV-Härtung 25
 UV-Lacke 97
 UV-Leistung 98

V

VDA-Wechseltest 71
 Verarbeitungszeit 89
 Verlustwinkel 52, 119
 Vernetzungsreaktionen 32
 Verträglichkeit von Fremdsubstanzen mit Elektrotauchlacken 103
 Viskosität 21, 119
 Volumenstroms in Rohrleitungen 94
 Vorbehandlungsschichten 3

W

Wärmeentwicklung 106
 Wärmekapazität 33, 36, 53
 Wärmeverlust 106
 Wasserablaufstest 9
 Wasseraufnahme 86
 Wasserdampfdiffusionsstromdichte 86
 Wasserdampfpermeabilität 86
 Wasserdampfpermeationsrate 86

Wasserdurchlässigkeit 87
Wasserfilmabriss 9
Wassergehalt 26
Wave-Scan DOI 81
Wave-Scan-Dual 76
Widerstandsmessung 11

X

Xenotest 65, 66

Z

Zersetzung 33, 36, 53
Zersetzungskinetik 33, 36, 53
Zerstäuber 95
Zerstäuberqualität 95
Zetapotential 42
Zusammensetzung von Flüssiglacken 15, 31
Zyklische Korrosionsprüfungen 70

Normenverzeichnis

A

ASTM B 117 69, 70
 ASTM B 368, 70
 ASTM D 1002 48
 ASTM D 1044 49
 ASTM D 1210 29
 ASTM D 1316 29
 ASTM D 1391 99, 105
 ASTM D 2457, 78
 ASTM D 2794 55
 ASTM D 3170 47
 ASTM D 3363 58
 ASTM D 4138 83
 ASTM D 4541 47
 ASTM D 5179 47
 ASTM D 522a 56
 ASTM D 523 78
 ASTM D 5682 30
 ASTM D 5767 76
 ASTM D 5895 24
 ASTM D 968 50
 ASTM E 384 6, 58
 ASTM E 430 78
 ASTM E 544 99, 105
 ASTM G 155 65, 66
 ASTM G151 66

B

BMW GS 97034/GS 97045 49

C

CAM 180 65

D

DBL 5307 54
 DBL 5416 46, 47, 62, 63, 64
 DBL 7384 49, 50, 57, 63
 DIN 5033 77
 DIN 5036 77
 DIN 50986 83
 DIN 53019 21
 DIN 53122-1 86
 DIN 53159 75
 DIN 53468 38
 DIN 55987 22
 DIN 6172 78
 DIN 6175 78
 DIN 6175-2 77
 DIN 75200 54
 DIN 75201 14

DIN EN 1062-3 87
 DIN EN 1149 11, 59
 DIN EN 13523-12 57
 DIN EN 13523-14 74
 DIN EN 13523-15 78
 DIN EN 13523-16 49
 DIN EN 13966: 2003 90
 DIN EN 20105-A02 67
 DIN EN 3665 72
 DIN EN 438-2 55
 DIN EN 513 66
 DIN EN 60068-2-70 49
 DIN EN 828 10, 118
 DIN EN ISO 105 B06 67
 DIN EN ISO 11664-4 77, 78
 DIN EN ISO 11997 70
 DIN EN ISO 11998 50
 DIN EN ISO 13565 2, 3, 8, 81, 111
 DIN EN ISO 13803 77
 DIN EN ISO 14577 6, 58
 DIN EN ISO 15091 30
 DIN EN ISO 1516 28
 DIN EN ISO 1518 57
 DIN EN ISO 15184 58
 DIN EN ISO 1519 55
 DIN EN ISO 1520 54
 DIN EN ISO 15212-1 26
 DIN EN ISO 1522 56
 DIN EN ISO 1523 28
 DIN EN ISO 1524 29
 DIN EN ISO 15880 27
 DIN EN ISO 16474-1/16474-2 65
 DIN EN ISO 16474-1/16474-3 67
 DIN EN ISO 16862 23
 DIN EN ISO 16925 46
 DIN EN ISO 16927 102
 DIN EN ISO 17025 5, 15, 31, 32, 113, 120
 DIN EN ISO 20566 51
 DIN EN ISO 20567 47
 DIN EN ISO 20567-1 47
 DIN EN ISO 2114 27
 DIN EN ISO 2178 82
 DIN EN ISO 2360 82
 DIN EN ISO 2409 46
 DIN EN ISO 2431 21
 DIN EN ISO 2719 28
 DIN EN ISO 2808 29, 82, 83
 DIN EN ISO 2811-1 25
 DIN EN ISO 2811-2 25
 DIN EN ISO 2811-3 26
 DIN EN ISO 2812-4 60
 DIN EN ISO 2813 77, 78, 121
 DIN EN ISO 2815 57
 DIN EN ISO 2884-1 21
 DIN EN ISO 3233-2 23, 25, 90

DIN EN ISO 3251 25
 DIN EN ISO 3668 79
 DIN EN ISO 3679 28
 DIN EN ISO 3882 83
 DIN EN ISO 4287 2, 3, 8, 81, 111
 DIN EN ISO 4288 2, 3, 8, 81, 111
 DIN EN ISO 4516 6, 58
 DIN EN ISO 4618 22, 90
 DIN EN ISO 4624 47
 DIN EN ISO 4625-1 35
 DIN EN ISO 4625-2 35
 DIN EN ISO 4628-6 74
 DIN EN ISO 4628-7 74
 DIN EN ISO 4892-3 67
 DIN EN ISO 55987 90
 DIN EN ISO 6270-1 61, 69
 DIN EN ISO 6270-2 61
 DIN EN ISO 6272 55
 DIN EN ISO 6504-3 23
 DIN EN ISO 6721-1 52, 119
 DIN EN ISO 6860 56
 DIN EN ISO 6988 61
 DIN EN ISO 7783 86
 DIN EN ISO 7784 49
 DIN EN ISO 8130-1 37
 DIN EN ISO 8130-13 37
 DIN EN ISO 8130-3 25
 DIN EN ISO 8130-5 35
 DIN EN ISO 828 28
 DIN EN ISO 8502-3 4
 DIN EN ISO 8502-6 4
 DIN EN ISO 8502-9 4
 DIN EN ISO 8503-4 2, 81
 DIN EN ISO 9117-2 76
 DIN EN ISO 9117-3 24, 75, 96
 DIN EN ISO 9117-5 75
 DIN EN ISO 9227 69
 DIN EN ISO 9514 89
 DIN EN ISO 8503-4 3, 8, 111
 DIN IEC 60167 11, 59
 DIN ISO 4892-2 65
 DIN ISO 8130-10 90

E

EN ISO 2808 83, 101
 EN ISO 60 38

F

FMVSS 302 54

G

GSB AI 631 62

I

ISO 105-B02 66
 ISO 11357 33, 36, 53
 ISO 13803 78
 ISO 1456 70
 ISO 22197-1 44

L

LPV 0700.99000 101

M

MBN 10494-3 102
 MBN 10494-5 51

P

PBO DC 371 60
 PBODC 361 46
 PV 1200 64
 PV 2005 64
 PV 3.10.7 102
 PV 3015 14

S

SAA NA-01.0 102
 SAE J 1960 65

T

TL 226 50, 57, 63, 64

V

VDA 233-102 71
 VDA 612-414 65
 VDA 621-412 60
 VDA 621-415 70
 VDA 621-430 65
 VDEh SEP 1850 71
 VDI Richtlinie 2066 Blatt 1 105
 VW PV 1210 70
 VW PV 1503 46
 VW PV 3929 65, 66
 VW PV 3930 65, 66
 VW TL 63
 VW TL 239 48

Akkreditierungsurkunde



Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH

Beliehene gemäß § 8 Absatz 1 AkkStelleG i.V.m. § 1 Absatz 1 AkkStelleGBV
Unterzeichnerin der Multilateralen Abkommen
von EA, ILAC und IAF zur gegenseitigen Anerkennung

Akkreditierung



Die Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH bestätigt hiermit, dass der

Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e. V.
Hansastraße 27 c, 80686 München

für sein Prüflaboratorium

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA
in der Abteilung Beschichtungssystem- und Lackiertechnik in Stuttgart
Allmandring 37, 70569 Stuttgart

die Kompetenz nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005 besitzt, Prüfungen in folgenden Bereichen durchzuführen:

ausgewählte analytische und anwendungstechnische Prüfverfahren der Oberflächen-, Lack- und Beschichtungstechnik; Korrosions-, Klima-, physikalisch-technische, Schichtdicken- und Beständigkeitsprüfungen an beschichteten Materialien; Bestimmung von Kenngrößen an Lackrohstoffen, Beschichtungsstoffen, Beschichtungen, Kunststoffen, Polymeren und Werkstoffoberflächen, u. a. bei Schadensanalysen

Die Akkreditierungsurkunde gilt nur in Verbindung mit dem Bescheid vom 04.07.2016 mit der Akkreditierungsnummer D-PL-11140-07 und ist gültig bis 03.07.2021. Sie besteht aus diesem Deckblatt, der Rückseite des Deckblatts und der folgenden Anlage mit insgesamt 5 Seiten.

Registrierungsnummer der Urkunde: **D-PL-11140-07-00**

Berlin, 04.07.2016


Im Auftrag Ralf Eger
Abteilungsleiter

Siehe Hinweise auf der Rückseite



Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH

Anlage zur Akkreditierungsurkunde D-PL-11140-07-00
nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005

Gültigkeitsdauer: 04.07.2016 bis 03.07.2021 Ausstellungsdatum: 04.07.2016

Urkundeninhaber:

Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.
Hansastraße 27 c, 80686 München

für sein Prüflaboratorium

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA
in der Abteilung Beschichtungssystem- und Lackiertechnik in Stuttgart
Allmandring 37, 70569 Stuttgart

Prüfungen in den Bereichen:

ausgewählte analytische und anwendungstechnische Prüfverfahren der Oberflächen-, Lack- und Beschichtungstechnik; Korrosions-, Klima-, physikalisch-technische, Schichtdicken- und Beständigkeitsprüfungen an beschichteten Materialien; Bestimmung von Kenngrößen an Lackrohstoffen, Beschichtungsstoffen, Beschichtungen, Kunststoffen, Polymeren und Werkstoffoberflächen, u. a. bei Schadensanalysen

verwendete Abkürzungen: siehe letzte Seite

Dem Prüflaboratorium ist, ohne dass es einer vorherigen Information und Zustimmung der DAkKS bedarf, die Anwendung der hier aufgeführten genormten oder ihnen gleichzusetzenden Prüfverfahren mit unterschiedlichen Ausgabeständen gestattet. Das Prüflaboratorium verfügt über eine aktuelle Liste aller Prüfverfahren im flexiblen Akkreditierungsbereich.



Anlage zur Akkreditierungsurkunde D-PL-11140-07-00

1 Ausgewählte analytische Untersuchungsverfahren

SAA AS 01.0 2016-04	Infrarotspektroskopische Bindemittel- und Materialtypbestimmung
SAA AS 02.0 2016-04	Bestimmung der Glasübergangstemperatur mit Dynamisch-Mechanischer Analyse (DMA)
SAA AS 03.0 2016-04	Bestimmung der Glasübergangstemperatur bzw. des Schmelzpunktes mit Differential Scanning Calorimetry (DSC)
SAA AS 04.0 2016-04	Bestimmung der Masse als Funktion der Temperatur - Thermogravimetrie (TGA)

2 Korrosions- und Klimaprüfungen

DIN EN ISO 6270-1 2002-02 (SAA LA 10.0)	Beschichtungsstoffe - Bestimmung der Beständigkeit gegen Feuchtigkeit - Teil 1: Kontinuierliche Kondensation
DIN EN ISO 6270-2 2005-09 (SAA LA 10.1)	Beschichtungsstoffe - Bestimmung der Beständigkeit gegen Feuchtigkeit - Teil 2: Verfahren zur Beanspruchung von Proben in Kondenswasserklimaten
DIN EN ISO 9227 2012-09 (SAA LA 11.0)	Korrosionsprüfungen in künstlichen Atmosphären - Salzsprühnebelprüfungen (Abweichung: <i>speziell mit neutraler Natriumchlorid-Lösung (Methode NSS)</i>)
VDA Prüfblatt 621-415 1982-02 (SAA LA 12.0)	Anstrichtechnische Prüfungen des Korrosionsschutzes von Kraftfahrzeuglackierungen bei zyklisch wechselnder Beanspruchung
DBL 7384 2015-08 (SAA PE 03.0)	Liefervorschrift - Beschichtung von Kunststoffteilen im Fahrzeuginnenraum - Heißwassertest
DBL 5416 2011-02 (SAA PE 03.0)	Liefervorschrift - Teile aus thermoplastischen Kunststoffen für Verkleidungen, Gehäuse- und Funktionsteile bei Außenanwendungen - Heißwassertest

Gültigkeitsdauer: 04.07.2016 bis 03.07.2021

Ausstellungsdatum: 04.07.2016

Seite 2 von 5

