



Fraunhofer-Institut für Produktions-  
technik und Automatisierung IPA

# Einrichtungen zur Prüftechnik und Analytik

## Abteilung Beschichtungssystem- und Lackiertechnik



**SCAN ME:**

Weitere Informationen zur  
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 Prüfmethode 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 Applikations-technik 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 Beschichtungsstoff-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 und anwendungstechnischen Prüfungen,
- analytische Untersuchung von Schadensfällen 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 funktionspezifischen 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 Prüfverfahren sind von der Deutschen Akkreditierungsstelle GmbH (DAkkS) nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiert. Den aktuellen Stand sehen Sie bitte auf unserer Website ein, ebenso die Akkreditierungsurkunden. Auf den letzten Seiten der Broschüre sind daher Kontaktadressen und Ansprechpartner für unsere angebotenen Dienstleistungen aufgeführt.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Prüfung von Substraten / Oberflächenanalytik .....</b>	<b>1</b>
Oberflächenrauheit .....	2
Porosität von Vorbehandlungsschichten .....	4
Oberflächenreinheit / Oberflächenchemie .....	5
Oberflächenhärte .....	7
Oberflächenfeuchtigkeit .....	8
Morphologie von Oberflächen / Oberflächentopographie .....	8
Oberflächenenergie / Benetzbarkeit .....	10
Oberflächenwiderstand und -leitfähigkeit .....	12
Elektrochemische Methoden .....	12
Oberflächentemperatur / Thermografie .....	13
Transmission, Reflexion, Absorption / UV-Vis-NIR .....	15
Emissionsanalyse .....	16
Chemische Zusammensetzung .....	17
<b>Prüfung von Vorbehandlungs- und KTL-Bädern .....</b>	<b>19</b>
Überwachung von Vorbehandlungs-Badparametern .....	20
Überwachung von KTL-Badparametern .....	23
<b>Prüfung von Flüssiglacken .....</b>	<b>24</b>
Auslaufzeit .....	25
Rheologische Eigenschaften und Viskosität von Flüssiglacken .....	25
Deckvermögen / Ergiebigkeit / Kontrastverhältnis .....	26
Verlauf und Ablaufneigung .....	28
Trockenzeit / Trockengrad .....	28
Mindestfilmbildetemperatur .....	29
UV-Härtung von Flüssiglacken/Druckfarben .....	30
Gehalt an nichtflüchtigen Anteilen (nfA) bzw. Festkörperanteil .....	30
Dichtebestimmung .....	31
pH-Wert .....	32
Wassergehalt – Karl-Fischer-Verfahren .....	32
Trübungsgrad .....	33
Acidität eines Lacksystems .....	33

Oberflächenspannung einer Flüssigkeit .....	34
Flammpunkt einer Flüssigkeit .....	35
Nassschichtdicke .....	36
Mahlfeinheit (Körnigkeit) .....	36
Elektrische Leitfähigkeit.....	37
Aufladbarkeit eines Flüssiglackes.....	37
Glasübergangstemperatur, DSC, Vernetzung .....	39
Thermogravimetrie.....	39
Simultane Thermische Analyse (STA) .....	40
<b>Prüfung von Pulverlacken .....</b>	<b>41</b>
Schmelzpunkt/Härtung von Pulverlacken.....	42
Fluidisierbarkeit von Pulverlacken .....	43
Simultane Thermische Analyse (STA) .....	43
Korngrößen und -verteilung von Pulverlacken .....	44
Aufladbarkeit eines Pulverlackes.....	46
Schichtdicke von Pulverlacken .....	47
Oberflächenenergie von Pulvern.....	47
<b>Prüfungen an Pulvern, Partikeln und Dispersionen .....</b>	<b>49</b>
Teilchengrößenverteilung, -beweglichkeit und Zetapotenzial .....	50
Trübungsgrad .....	51
Spezifische Oberfläche nach BET, Porosität, Chemisorption.....	51
Photokatalytische Aktivität .....	52
Photodegradation .....	52
NO <sub>x</sub> - Abbau .....	53
Adsorption an dünnen Schichten - Quarzkristallmikrowaage.....	53
<b>Prüfung von gehärteten Lacken / Beschichtungen .....</b>	<b>54</b>
Haftfestigkeit von Beschichtungen .....	55
Zug-, Druck- und Scherprüfungen.....	57
Abrieb- und Kratzfestigkeit von Beschichtungen .....	58
Dynamisch-mechanische Analyse .....	61
Simultane Thermische Analyse (STA) .....	63
Innere Spannungen.....	63
Brennprüfung von Werkstoffen.....	64

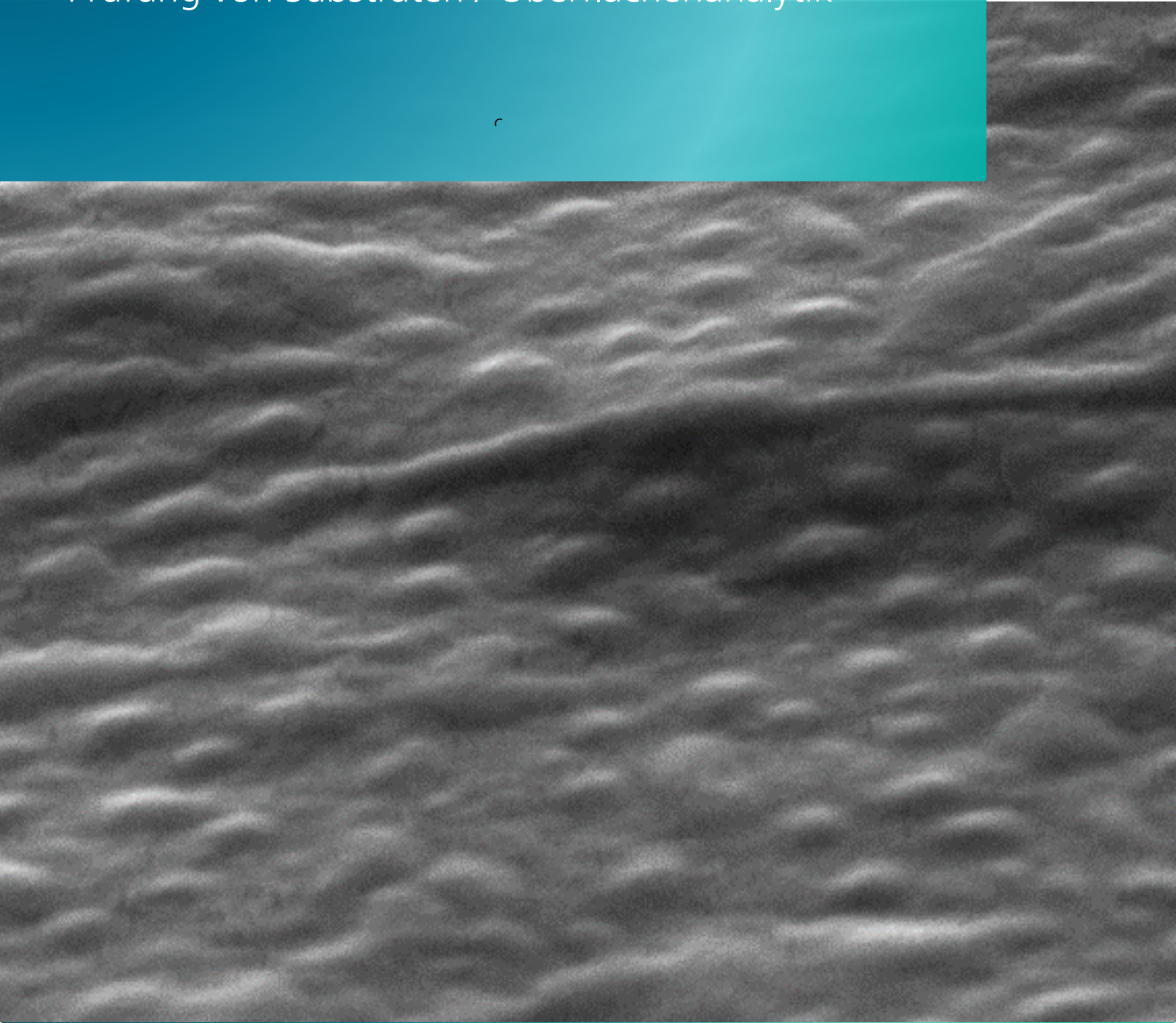
Elastizität bei Deformation .....	64
Härte .....	66
Bestimmung des Reibungskoeffizienten .....	69
Elektrische Isolationsfähigkeit .....	69
Oberflächen- und Durchgangswiderstand .....	70
Beständigkeit gegenüber Chemikalien und Quellbarkeit .....	70
Cremebeständigkeit .....	71
Geruchsprüfung .....	71
Bestimmung der Formaldehyd-Emission .....	72
Beständigkeit gegenüber Feuchtigkeit, Wasser .....	73
Temperatur- / Klimawechsel-Beanspruchung .....	75
Freibewitterung .....	76
Künstliche Bewitterung .....	77
Bestimmung der strahlungsinduzierten Radikalbildung .....	80
Photokatalytische Aktivität .....	80
Photodegradation .....	81
Laserbeschriftbarkeit von Beschichtungen .....	81
Korrosionsbeständigkeit .....	82
Zyklische Korrosionsprüfungen .....	83
Zyklische Korrosionsprüfung für Multi-Metall-Anwendung .....	83
Filiformkorrosion .....	84
Verfahren zur Ritzanbringung .....	85
Elektrochemische Methoden .....	86
Schutzwirkung (FPL-Kurzzeittest) .....	87
Kreidungsgrad .....	87
Trockengrad .....	89
Stapelfähigkeit .....	90
Appearance .....	90
Brillanz einer hochglänzenden Oberfläche .....	91
Glanz .....	91
Glitzer-Effekt .....	92
Glanzschleier / Haze .....	92
Farbe bzw. Farbabweichung .....	93

Mehrwinkelfarbmessung bei Metallics / Effektlacken.....	95
Transparenz .....	96
Transmission, Reflexion, Absorption / UV-Vis-NIR .....	96
Oberflächenrauheit und -welligkeit .....	97
Schichtdicke.....	99
Schichtaufbau / Schichtanalyse.....	102
Wasserdampf- und Sauerstoffpermeation / Barrierewirkung .....	104
Adsorption an dünnen Schichten .....	107
<b>Prüfung von Lackierprozessen und lackiertechnischen Eigenschaften .....</b>	<b>108</b>
Verarbeitungszeit / Topfzeit von Mehrkomponenten-Lacksystemen .....	109
Staubemission / Staubbelastung in der Abluft.....	109
Luftströmung.....	110
Auftragswirkungsgrad von Flüssig- und Pulverlacken .....	111
Ergiebigkeit.....	111
Sprühwolkenanalyse .....	112
Untersuchung von Lackapplikations- und Lackversorgungskomponenten.....	114
Lackrocknung / -härtung.....	120
Lichtleistungsmessgeräte.....	122
Materialvolumenstrom .....	124
Luftfeuchtigkeit und Temperatur der Umgebung .....	125
Elektrische Feldstärke .....	126
Schichtdicke des nicht ausgehärteten Lackes.....	126
Test auf lackbenetzungsstörende Substanzen (LABS).....	127
Überlackierbarkeit von Beschichtungen.....	128
Elektrotauchlackierungen.....	128
<b>Untersuchungen zum Umwelt- und Arbeitsschutz .....</b>	<b>130</b>
Lärm .....	131
Abluft-Inhaltsstoffe .....	131
Wärme.....	132
Lösemittelkonzentration.....	132
<b>Fehler- und Schadensanalyse in der Lack- und Oberflächentechnik .....</b>	<b>133</b>
Mikroskopische Verfahren.....	136
Chemische Analyse .....	139



Physikalische Prüfmethoden .....	144
<b>Werkstoffprüfung .....</b>	<b>150</b>
<b>Umwelt- und Arbeitsschutz .....</b>	<b>150</b>
<b>Normenverzeichnis .....</b>	<b>161</b>

# Prüfung von Substraten / Oberflächenanalytik



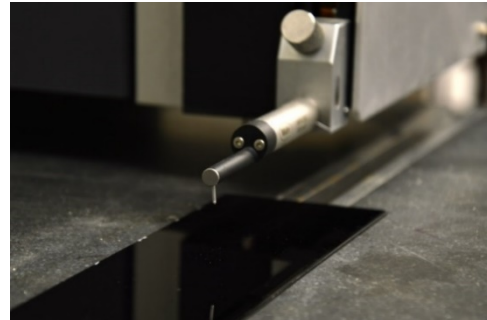
## Oberflächenrauheit

### Mechanische Abtastung der Oberflächenrauheit mit dem Labor-Tastschnittprofilometer<sup>2,5,6</sup>

*Prüfnormen:* DIN EN ISO 4287, DIN EN ISO 4288, DIN EN ISO 13565, DIN EN ISO 8503-4, DIN EN ISO 11562

*Prüfgerät:* Tastschnitt-Messsystem Perthometer S2

*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<sup>2,5</sup>

*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 Oberflächentopographie bzw. Rauheit von Oberflächen mittels optischem Profilometer, schließt die Lücke zwischen Tastschnittverfahren und Atomkraftmikroskop (AFM)<sup>4</sup>

*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:  $SR_a$ ,  $SR_z$ ,  $SR_{max}$



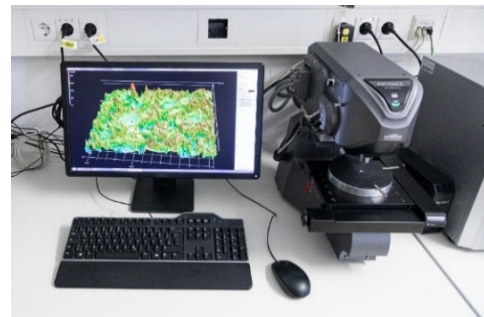
## Berührungslose Erfassung der Oberflächenrauheit und der Oberflächentopographie mittels der Laser-Scanning-Mikroskopie (LSM).

Mithilfe der LSM werden durch die Kombination von Farbbild und hochaufgelöster Laser-Topographiemessung ein hochdetaillierteres 3D-Abbild des Messobjekts erzeugt<sup>2,4</sup>

*Prüfnormen:* DIN EN ISO 4287, DIN EN ISO 21920-3, DIN EN ISO 13565, DIN EN ISO 8503-40020

*Prüfgerät:* Keyence VK-X250/X150

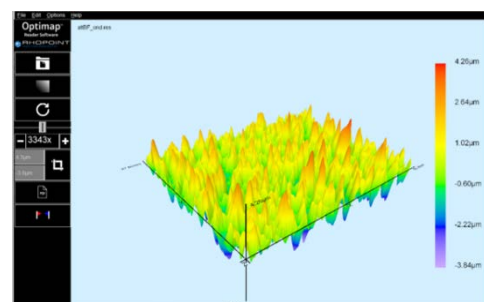
*Auswertung:* 3D-Oberflächencharakterisierung, Rauheitskenngrößen für 1D:  $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_{max}$ ; Rauheitskenngrößen für 2D:  $SR_a$ ,  $SR_z$ ,  $SR_{max}$



## 3-D-Geometrievermessung mittels Deflektometrie<sup>6</sup>

*Prüfgerät:* Optimap 3

*Auswertung:* 3D-Oberflächencharakterisierung, Rauheits- und Welligkeitskenngrößen



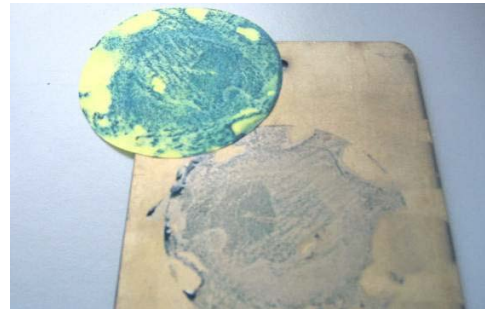
## Porosität von Vorbehandlungsschichten

### Nachweis von nicht vorbehandelten Eisen-Zonen an Vorbehandlungsschichten

Z.B. Zinkphosphatierungen, mit dem Ferroxytest. Dabei reagiert Hexacyanoferrat mit dem Eisen des Grundwerkstoffes zu Berliner Blau.<sup>5</sup>

*Prüfmittel:* Hexacyanoferrat(II)-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)<sup>5</sup>

*Prüfmittel:* Kupfersulfat-Testlösung und ggf. Mikroskop

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



## Oberflächenreinheit / Oberflächenchemie

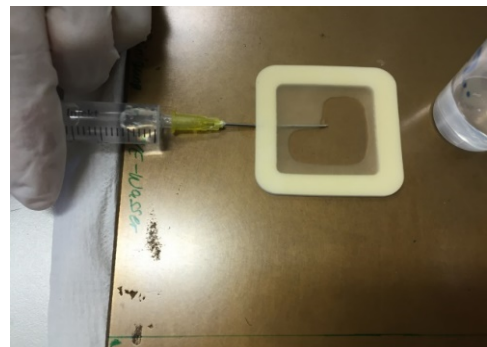
---

### Prüfung von Salzurückständen auf Substratoberflächen durch Abwaschen löslicher Salze und Bestimmung des Salzgehalts durch Leitfähigkeitsmessung (Konduktometrie, Bresle-Test)<sup>2</sup>

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

*Prüfgerät:* Konduktometer/ Digitales Leitfähigkeitsmessgerät

*Auswertung:* Leitwert  $G$  [ $\mu\text{S}$ ], Leitfähigkeit, Chloridgehalt in  $\text{mg}/\text{m}^2$



---

### Bestimmung von Schmutzpartikeln auf Oberflächen mittels Klebeband-Abzug<sup>5</sup>

*Prüfnorm:* DIN EN ISO 8502-3

*Prüfmittel:* Klebeband und Lupe

*Auswertung:* Beurteilung der anhaftenden Rückstände auf dem Klebeband



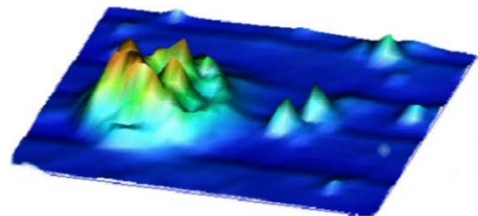
## Infrarotmikroskopie

Analyse von Mikropartikeln mittels FT-IR-Mikroskopie<sup>1,6</sup>

*Prüfgerät:* FT-IR-Mikroskop

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

*Auswertung:* Infrarotspektrum, Transmission T [%] / Wellenzahl  $\nu$  [ $\text{cm}^{-1}$ ]



Particle inclusion in a polymer matrix

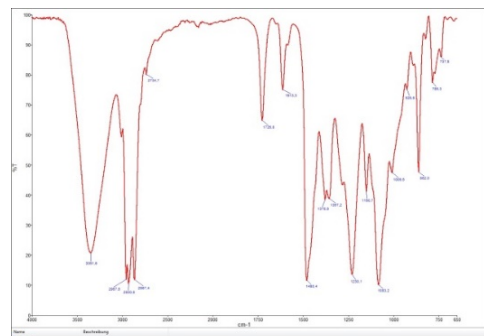
## Infrarotspektroskopie

Bestimmung organischer Oberflächenrückstände und Verunreinigungen wie Öle, Fette, Silikone etc. mittels Infrarotspektroskopie (IR)<sup>1,6</sup>

*Prüfgerät:* FTIR-Spektrometer / NIR mit ATR-Einheit

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

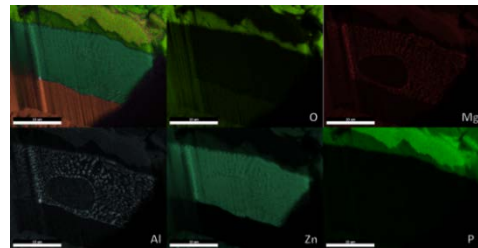
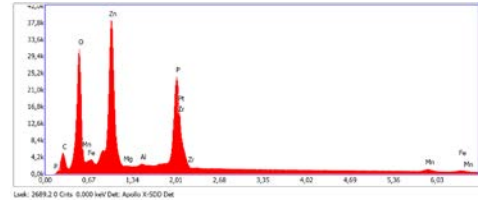
*Auswertung:* Infrarotspektrum, Transmission T [%] / Wellenzahl  $\nu$  [ $\text{cm}^{-1}$ ]



## Bestimmung der Elementzusammensetzung und Elementverteilung der Oberfläche mittels energiedispersiver Röntgenspektroskopie (EDX) <sup>2</sup>

*Prüfgerät:* Rasterelektronenmikroskop mit EDX - Analysensystem (REM/EDX)

*Auswertung:* Element-Gew. [%] bzw. Atom-Gew. [%], Elementverteilung durch Mapping



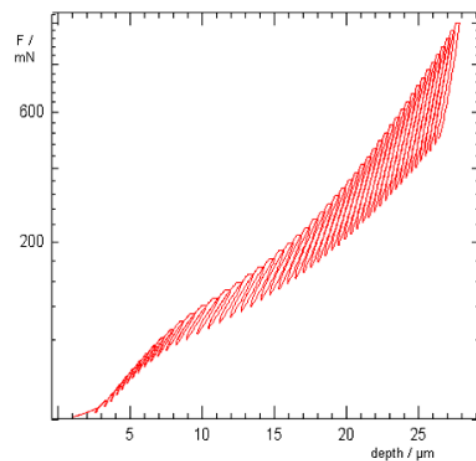
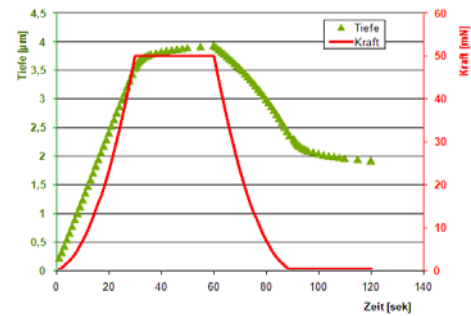
## Oberflächenhärte

### Bestimmung der Martenshärte (Eindringhärte)<sup>2</sup>

*Prüfnormen:* DIN EN ISO 14577, DIN EN ISO 4516, ASTM E 384

*Prüfgerät:* Mikrohärte-Messsystem

*Auswertung:* Eindringhärte  $H_{it}$ , Eindringtiefe  $t$  [ $\mu\text{m}$ ], Martenshärte  $HM$  [ $\text{N}/\text{mm}^2$ ], Kriechen  $cr$  [%], Kriechen nach Rücknahme der Prüfkraft  $cr_R$  [%], Elastizitätsmodul  $E_{HU}$  [MPa], elastischer und plastischer Anteil der Verformungsenergie  $W_e$  [%] und  $W_b$  [%], Universalhärte nach Entlastung  $H_{Ub}$  [MPa]





## Oberflächenfeuchtigkeit

---

### Feuchte-Bestimmung an der Oberfläche mittels Reflexionsfotometrie<sup>5</sup>

*Prüfgerät:* Reflexionsfotometer

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



## Morphologie von Oberflächen / Oberflächentopographie

---

### Bestimmung der Oberflächentopographie mittels Mikroskopie<sup>2,5</sup>

*Prüfgerät:* Digitalmikroskop mit bis zu 5000-facher Vergrößerung, Zeiss Universalmikroskop, Zeiss Axioscop 7, Olympus BX61, Wild Makroskop M400, Keyence Digitalmikroskope

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



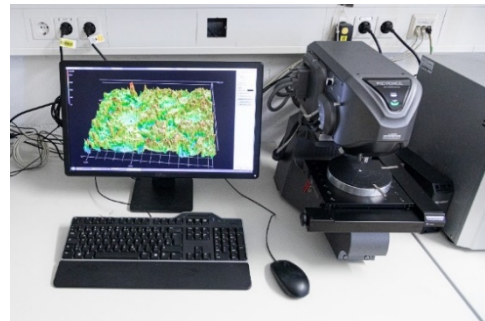
## Berührungslose Erfassung der Oberflächenrauheit und der Oberflächentopographie mittels der Laser-Scanning-Mikroskopie (LSM).

Mithilfe der LSM werden durch die Kombination von Farbbild und hochaufgelöster Laser-Topographie-messung ein hochdetaillierteres 3D-Abbild des Messobjekts erzeugt<sup>2,4</sup>

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

*Prüfgerät:* Keyence VK-X250/X150

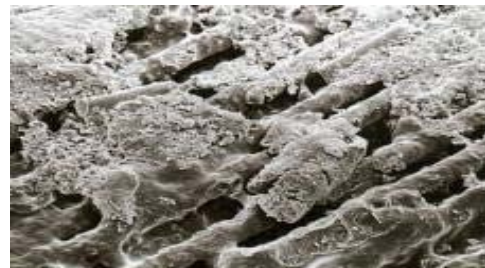
*Auswertung:* 3D-Oberflächencharakterisierung, Rauheitskenngrößen für 1D:  $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_{max}$ ; Rauheitskenngrößen für 2D:  $SR_a$ ,  $SR_z$ ,  $SR_{max}$



## Bestimmung der Oberflächentopographie mittels hochauflösender Rasterelektronenmikroskopie (REM)<sup>2</sup>

*Prüfgerät:* REM Helios Nano-Lab

*Auswertung:* Topografieaufnahme, Materialkontrastbild der Oberfläche und Elementanalyse mit EDX



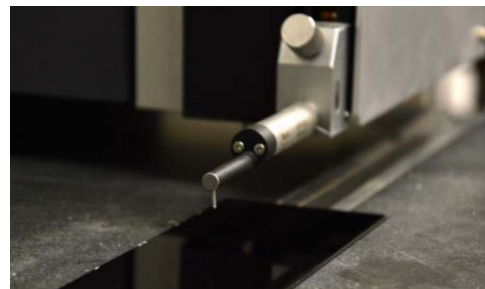
## Mechanische Abtastung der Oberflächenrauheit mit dem Labor-Tastschnittprofilometer<sup>2,5,6</sup>

*Prüfnormen:* DIN EN ISO 4287, DIN EN ISO 4288, DIN EN ISO 13565, DIN EN ISO 8503-4, DIN EN ISO 11562

*Prüfgerät:* Tastschnitt-Messsystem Perthometer S2

*Auswertung:* Rauheitskenngrößen  $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_{max}$

Wellentiefe  $W_t$  Welligkeitskenngrößen  $W_a$  bis  $W_e$



## Oberflächenenergie / Benetzbarkeit

### Bestimmung der Oberflächenenergie mittels des Benetzungsverhaltens verschiedener Testflüssigkeiten (Union Carbide Methode)<sup>2,5</sup>

*Prüfmittel:* Testtinten, Teststifte

*Auswertung:* Oberflächenspannung/-energie [mN/m]



### Messen der Zeit bis zum Wasserfilmabriss (Wasserablauftest)<sup>5</sup>

*Prüfmittel:* Behälter mit Prüfflüssigkeit

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



## Mobilgerät zur Bestimmung der Benetzung mittels Kontaktwinkel-Methode<sup>1</sup>

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]



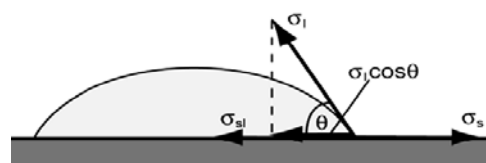
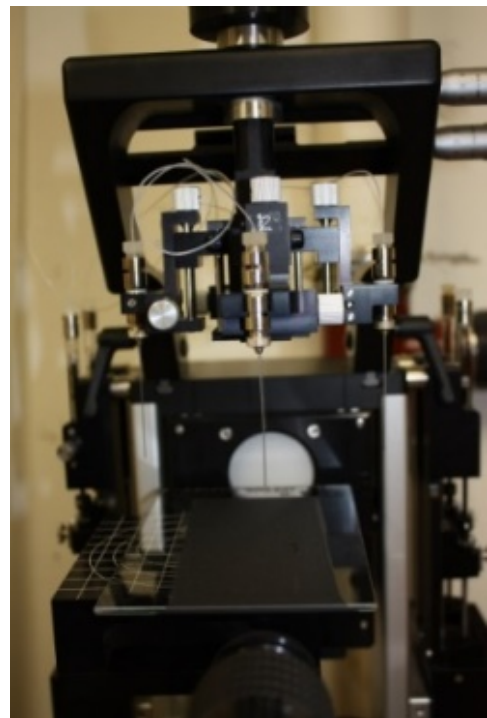
## Kontaktwinkel-Methode<sup>1,2</sup>

*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]



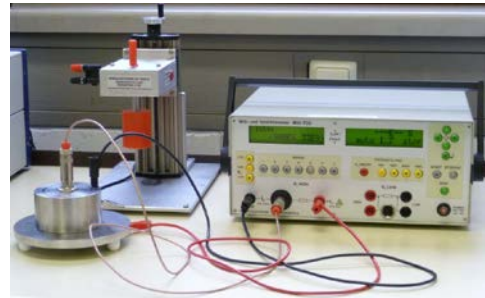
## Oberflächenwiderstand und -leitfähigkeit

### Widerstandsmessung zwischen zwei auf der Substratoberfläche angebrachten definierten Elektroden<sup>2,4</sup>

*Prüfnormen:* DIN EN 1149, DIN IEC 60167

*Prüfgerät:* Leitfähigkeitsmessgerät/Gleichstrom-Widerstandsmessgerät mit Ringelektrode

*Auswertung:* Oberflächenwiderstand  $R$  [ $\Omega$ ],  
Durchgangswiderstand  $R$  [ $\Omega$ ], Strom  $I$  [A]

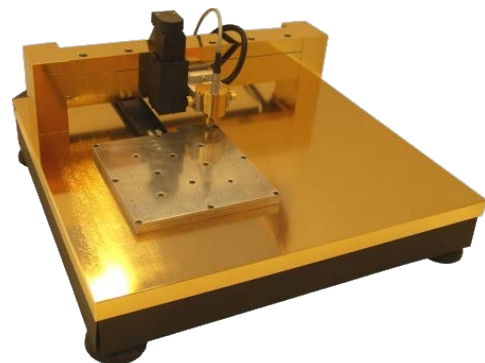


## Elektrochemische Methoden

### Ortsaufgelöste Beurteilung der Korrosionsstabilität und Delaminationsresistenz von großen, z.B. in 10 x 20 cm beschichteten Substraten<sup>2</sup>

*Prüfgerät:* Raster-Kelvin Sonde (mit topographischer Korrektur)

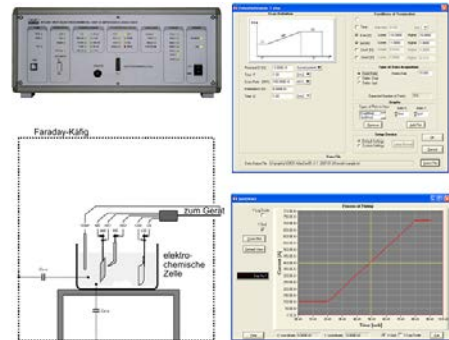
*Auswertung:* Elektrochemisches Potenzial; Berührungslose, ortsaufgelöste Ermittlung der elektrochemischen Potenziale (Elektronenaustrittsarbeit) und der Oberflächentopographie



## Bestimmung von Korrosionspotenzialen sowie von kapazitiven und resistiven Eigenschaften von (vorbehandelten) Substraten<sup>2</sup>

*Prüfgerät:* Elektrochemische Workstation

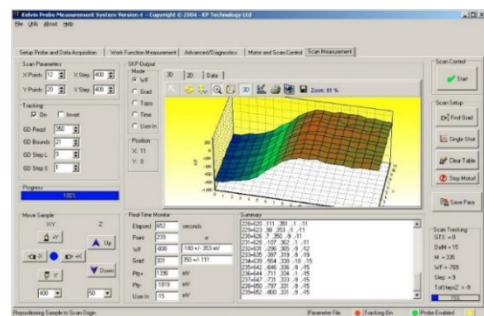
*Auswertung:* Ermittlung von Strom-/Spannungskurven, polarographischen Daten, Impedanzspektren und der Reversibilität elektrochemischer Prozesse



## Ortsaufgelöste Beurteilung der Korrosionsstabilität und Delaminationsresistenz von beschichteten Substraten<sup>2</sup>

*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<sup>2,5</sup>

*Prüfgerät:* IR-Thermometer/Infratherm IN5 plus, Pyrometer für Temp. von -32 bis 900 °C, Voltakraft IR-350

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



---

## Bestimmung der Oberflächentemperatur mit dem Kontakt-Verfahren<sup>2,5</sup>

*Prüfgerät:* ALMEMO-Messgerät mit Thermoelementfühler

*Auswertung:* Temperatur T [°C]



---

## Bestimmung und Visualisierung der Objekttemperatur bzw. des -temperaturverlaufs mittels Thermografie (Passive Thermografie)<sup>4,5</sup>

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

*Auswertung:* Thermografische Bilder bzw. Filme

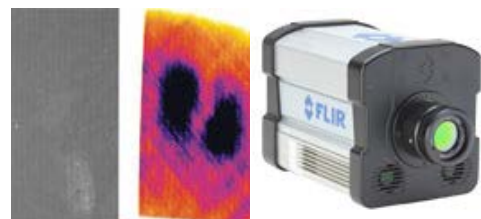


---

## Passive und aktive Thermografie (Puls- und Lockin-Thermografie)<sup>4</sup>

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

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



---

## Bestimmung des Oberflächentemperaturverlaufs<sup>5</sup>

*Prüfgerät:* Ofenschreiber

*Auswertung:* Temperaturverlauf; Objekttemperatur,  
T [°C] / t [min]



## Transmission, Reflexion, Absorption / UV-Vis-NIR

---

### Bestimmung von UV-Vis-NIR-Transmission, Reflexion und Absorption von Oberflächen<sup>4</sup>

*Prüfgerät:* UV-Vis-Spektrophotometer Lambda 900,  
 $\lambda$ : 250 nm – 2500 nm

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





---

## Bestimmung von Transmission und Haze von Oberflächen und Filmen<sup>5</sup>

*Prüfgerät:* Novo-Haze TX Transmission Haze Messgerät

*Auswertung:* Transmission [%], Haze [%]



## Emissionsanalyse

---

### Emissionsanalysen an Kunststoff-Interieur-Bauteilen. Gravimetrische Bestimmung der Masse des ausdiffundierten Materials, das sich auf der Folie während des Tests angesammelt hat<sup>5</sup>

Prüfnormen: DIN 75201; VW PV 3015

*Prüfgerät:* Fogging-Test-System AC-FTS 200-230 V

*Auswertung:* Gravimetrische Messmethode



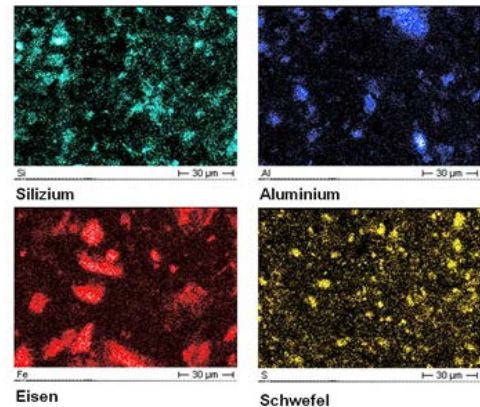
# Chemische Zusammensetzung

## Rasterelektronenmikroskopie (REM) und Röntgenanalyse (EDX)<sup>2</sup>

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

*Prüfgerät:* Rasterelektronenmikroskop/Energiedispersive Röntgenspektroskopie (REM/EDX)

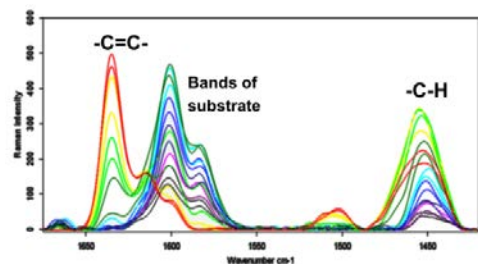
*Auswertung:* Element-Verteilung in Masse- oder Atom-%, Elementverteilung durch Mapping. Unterscheidung anorganischer (z.B. Pigmente) und organischer Bestandteile (z.B. Bindemittel) möglich



## Analyse von Lackoberflächen und Beschichtungen mittels konfokaler Ramanspektroskopie<sup>2</sup>

*Prüfgerät:* Konfokales Ramanspektrometer

*Auswertung:* Analyse des Ramanspektrums durch Zuordnung der Absorptionsbanden



## Analyse von Lackoberflächen und Beschichtungen mit der Infrarotmikroskopie<sup>1</sup>

*Prüfgerät:* Spotlight 200

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

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



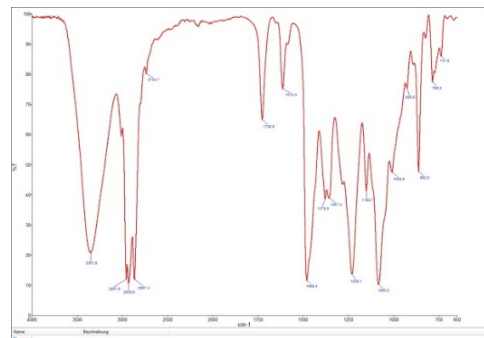
## Infrarotspektroskopie

Bestimmung der Zusammensetzung von Flüssiglacken, Beschichtungen, Substraten, Betriebsmitteln und Bindemitteln<sup>1</sup>

*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  $\nu$  [ $\text{cm}^{-1}$ ]



## Prüfung von Vorbehandlungs- und KTL-Bädern



# Überwachung von Vorbehandlungs-Badparametern

---

## Bestimmung der Leitfähigkeit<sup>2</sup>

*Prüfgerät:* Konduktometer

*Auswertung:* Leitwert G [ $\mu\text{S}$ ]



## Bestimmung des pH-Wertes<sup>2</sup>

*Prüfgerät:* pH-Meter

*Auswertung:* pH-Wert



---

## Bestimmung der dynamischen Oberflächenspannung von Flüssigkeiten nach dem Blasendruck-Verfahren<sup>7</sup>

*Prüfgerät:* Tensiometer

*Auswertung:* Oberflächenspannung  $\sigma$  [mN/m], [dyn/cm]



---

## Bestimmung von Badverschmutzungen wie z.B. Ölbelastung mit der UV-Fluoreszenz-Methode<sup>7</sup>

*Prüfgerät:* UV-Fluoreszenzmessgerät

*Messgrößen:* Intensität von Fluoreszenzlicht



---

## Onlinemessung der Oberflächenspannung von Flüssigkeiten z.B. zur Bestimmung der Tensid-Konzentrationen<sup>7</sup>

*Prüfgerät:* Online-Tensiometer

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



---

## Onlinemessung der Dichte von Flüssigkeiten z.B. zur Bestimmung des Festkörpergehaltes<sup>1,7</sup>

*Prüfgerät:* Dichtesensor

*Messgrößen:* Dichte [g/cm<sup>3</sup>], Temperatur [°C]



---

## Onlinemessung des pH-Wertes und des Redoxpotenzials z.B. zur Bestimmung des MEQ-Wertes<sup>7</sup>

*Prüfgerät:* Potenziometer

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



---

## Onlinemessung des Licht-Brechungsindex bzw. der Brechzahl in Flüssigkeiten z.B. zur Bestimmung der Konzentration organischer Lösemittel <sup>7</sup>

*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<sup>1,7</sup>

*Prüfgerät:* Fraunhofer IPA-Badüberwachungseinheit

*Auswertung:* Badkomponenten-Gehalt [%] oder [ml], pH-Wert, Leitwert G [ $\mu$ S]





## Prüfung von Flüssiglacken



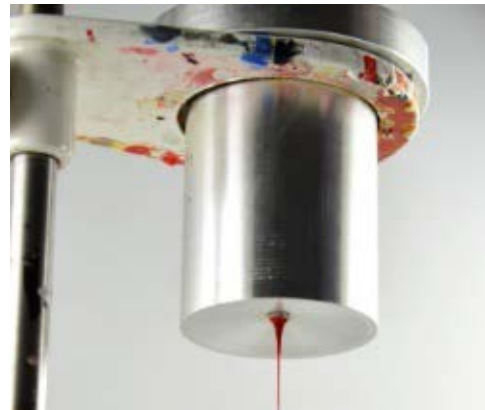
# Auslaufzeit

## Bestimmung der Auslaufzeit mit Auslaufbechern<sup>2,5</sup>

*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 und anderer rheologischer Eigenschaften von Lacken und anderen flüssigen Medien mittels Rotationsviskosimetrie<sup>1,2,6</sup>

*Prüfnormen:* DIN 53019, DIN EN ISO 2884-1

*Prüfgeräte:*

**Rotationsrheometer** mit Kegel-Platte Messsystem, Platte-Platte Messsystem, Zylinder-Messsystem  
Scherratenbereiche bis zu  $10^4 \text{ s}^{-1}$

*Methode:* Rotations- und Oszillationsmessungen;  
Sprungversuche, Amplituden- und Frequenztests;  
Messung von UV-härtenden Lacken mit einer UV-  
Belichtungseinheit, etc.

*Auswertung:* Fließ- oder Viskositätskurve; Thixotropie,  
Fließgrenze, Speicher- und Verlustmodul ( $G'$  und  $G''$ ),  
 $T_g$ , etc.



## Bestimmung der Viskosität im Hochscherbereich mittels Kapillarviskosimetrie

*Prüfnormen:* DIN 53014-1:2019-03 - Entwurf ,  
DIN 53014-2:1994-02

*Prüfgerät:* **Hochdruck-Doppelkapillar-Rheometer**  
·Scherratenbereich bis  $10^6 \text{ s}^{-1}$

*Methode:* Zu messendes Fluid wird mittels eines Stempels durch eine Kapillare gedrückt. Aus Druckdifferenz und bekanntem Volumenstrom werden die Schubspannung und die Scherrate ermittelt

*Auswertung:* Fließ- oder Viskositätskurve; Dehnviskosität



## 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<sup>2,5,6</sup>**

*Prüfnorm:* DIN 55987, DIN EN ISO 4618

*Prüfgeräte:* Farbmessgerät, Kontrastuntergrund

*Auswertung:* Deckvermögenswert  $D_v$  [ $\text{m}^2/\text{l}$ ] bzw.  $D_m$  [ $\text{m}^2/\text{kg}$ ];  
Ergiebigkeit [ $\text{m}^2/\text{l}$ ] oder [ $\text{m}^2/\text{kg}$ ]



---

## Bestimmung des Kontrastverhältnisses von hellen Beschichtungen bei einer festgelegten Ergiebigkeit<sup>2,5</sup>

*Prüfnorm:* DIN EN ISO 6504-3

*Prüfgeräte:* Spektro(photo)meter, Aufziehgeräte, Analysenwaage, Kontrastuntergrund

*Auswertung:* Kontrastverhältnis  $Y_b/Y_w$  [%]



---

## Bestimmung des Festkörpervolumens<sup>2,5</sup> von Flüssiglacken

*Prüfnorm:* DIN EN ISO 3233-2

*Prüfgeräte:* Analysenwaage, Testbleche

*Auswertung:* Trockenfilmdichte, Festkörpervolumen, Berechnung der theoretischen Ergiebigkeit von Lacken



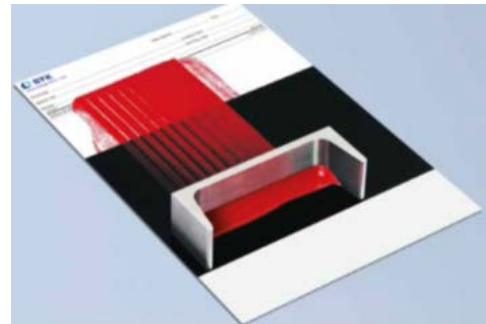
## Verlauf und Ablaufneigung

### Bewertung der Widerstandsfähigkeit gegen Ablaufen<sup>6</sup>

*Prüfnorm:* DIN EN ISO 16862

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

*Auswertung:* Schichtdicke in [ $\mu\text{m}$ ]; Güte des Verlaufs



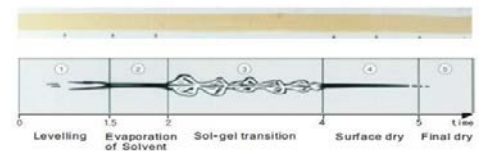
## Trockenzeit / Trockengrad

### Trockenzeit<sup>2,5</sup>

*Prüfnorm:* ASTM D 5895

*Prüfgerät:* Trockenzeitmessgerät „Drying recorder“

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



## Prüfung der Oberflächentrocknung nach dem Glasperlen-Verfahren<sup>2,5</sup>

*Prüfnorm:* DIN EN ISO 9117-3

*Prüfmittel:* Glasperlen („Ballotini“), Haarpinsel

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

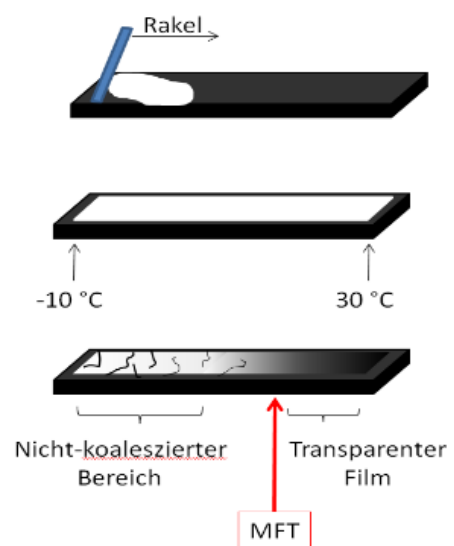


## Mindestfilmbildetemperatur

### Messung der Mindestfilmbildetemperatur (MFT) von Dispersionslacken, Dispersionsfarben und wasserverdünnbaren Bindemittel-Dispersionen bzw. Polymer-Dispersionen<sup>2</sup>

*Prüfgerät:* Temperatur-Gradienten-Prüfgerät, Thermo-Kryostat

*Auswertung:* Mindestfilmbildetemperatur (MFT) T [°C]



## UV-Härtung von Flüssiglacken/Druckfarben

### UV-Härtung von Lacken/Druckfarben<sup>1</sup>

*Geräte:*

Minicure-Anlage, wahlweise unter Inertgas betreibbar, UV-Handlampe und Dosimeter zur Bestimmung der Strahlungsintensität



## Gehalt an nichtflüchtigen Anteilen (nfA) bzw. Festkörperanteil

### Bestimmung nach dem gravimetrischen Verfahren<sup>2,5</sup>

*Prüfnormen:* DIN EN ISO 3251, DIN EN ISO 3233-2

*Prüfgeräte:* Wärmeschrank, Analysenwaage, Exsikkator

*Auswertung:* Festkörpergehalt nfA [Masse-%]



# Dichtebestimmung

## Dichtebestimmung mittels Pyknometer/Aräometer<sup>2,5</sup>

*Prüfnormen:* DIN EN ISO 2811-1, DIN EN ISO 2811-2, DIN EN ISO 8130-3

*Prüfgeräte:* Metallpyknometer, Glaspyknometer oder Aräometer, Vakuumpumpe, Waage

*Auswertung:* Dichte  $\rho$  [g/ml]



## Digitales Messgerät für die Dichtebestimmung von Flüssigkeiten<sup>1</sup>

*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-Wertes<sup>2</sup>

*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 Titration<sup>1</sup>

*Prüfmittel:* Karl-Fischer-Titrator

*Auswertung:* Wassergehalt von wenigen Mikrogramm bis 100%



# Trübungsgrad

---

## Trübungsgrad von Dispersionen<sup>4</sup>

*Prüfgerät:* HI 93703 Trübungsmessgerät (HANNA Instruments)

*Auswertung:* Formazin, nephelometrische Einheiten



# Acidität eines Lacksystems

---

## Bestimmung mit dem titrimetrischen Verfahren<sup>1</sup>

*Prüfnormen:* DIN EN ISO 2114; DIN EN ISO 15880

*Prüfgeräte:* Titrande, Analysenwaage

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



## Oberflächenspannung einer Flüssigkeit

---

### Bestimmung der dynamischen Oberflächenspannung nach dem Blasendruck-Verfahren<sup>7</sup>

*Prüfgerät:* Tensiometer

*Auswertung:* Oberflächenspannung  $\sigma$  [mN/m], [dyn/cm]



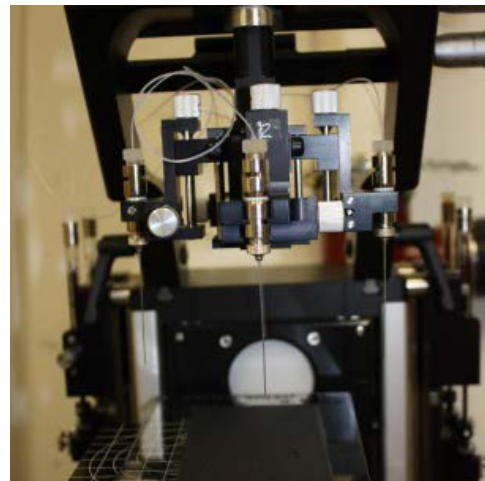
---

### Messung mit der Pendant-Drop (hängender Tropfen)-Methode<sup>1,2</sup>

*Prüfnorm:* DIN EN ISO 828

*Prüfgerät:* Optisches Kontaktwinkelmessgerät (OCA 40/Mirco)

*Auswertung:* Oberflächenspannung  $\sigma$  [mN/m] und Ermittlung der dispersen und polaren Anteile (auch bei erhöhter Temperatur z.B. Pulverlackschmelzen möglich)

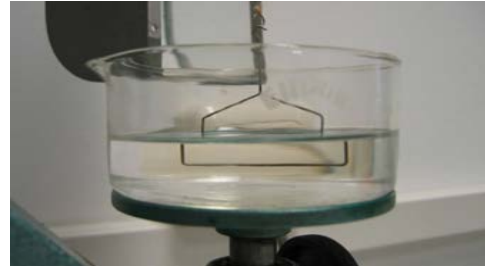


## Gesamtoberflächenspannung von Flüssigkeiten<sup>1,2</sup>

*Prüfgerät:* Krüss

*Methode:* Ringabreißmethode (nach de Noüy),  
Plattenmethode nach Wilhelmy

*Auswertung:* Oberflächenspannung  $\sigma$  [mN/m]



## Flammpunkt einer Flüssigkeit

### Messung der Temperatur beim Entflammen der Dämpfe einer Flüssigkeit infolge Fremdzündung<sup>2</sup>

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

*Prüfgerät:* Flammpunktprüfgerät nach Pensky-Martens

*Auswertung:* Flammpunkt  $\vartheta$  [°C]



## Nassschichtdicke

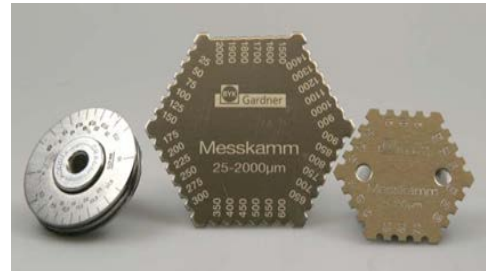
---

### Bestimmung der Nassschichtdicke (NSD) von aufgetragenen Lacken<sup>2</sup>

*Prüfnormen:* DIN EN ISO 2808

*Prüfgeräte:* Messkamm oder Messrad

*Auswertung:* Nassschichtdicke NSD, wft (wet film thickness)  
[ $\mu\text{m}$ ]



## Mahlfeinheit (Körnigkeit)

---

### Bestimmung der Mahlfeinheit/Körnigkeit (Dispergiertgüte) von Flüssiglacken<sup>2</sup>

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

*Prüfgerät:* Grindometer nach Hegman

*Auswertung:* Mahlfeinheit/Körnigkeit-Wert nach Rinnentiefe  
[ $\mu\text{m}$ ]



## Elektrische Leitfähigkeit

### Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit<sup>6</sup>

*Prüfnorm:* DIN EN ISO 15091, ASTM D 5682

*Prüfgerät:* Leitfähigkeitsmessgerät

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



## Aufladbarkeit eines Flüssiglacks

### Bestimmung der Aufladbarkeit von Lösemittel- Lacksystemen mittels Time-Domain-Reflektometrie (TDR)<sup>7</sup>

*Prüfgerät:* Alpha TDR-5000 Dielectric Constant Meter

*Auswertung:* Dielektrizitätskonstante K, relative Permittivität  $\epsilon_r$ , Chemische Zusammensetzung

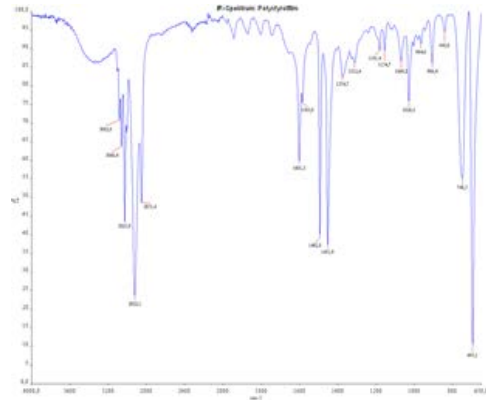


## Bestimmung der Zusammensetzung von Flüssiglacken mit der Infrarotspektroskopie (FT-IR)<sup>1</sup>

*Prüfgerät:* Spectrum Frontier 101-504 und 113-975

*Methoden:* ATR, Transmission, Mikrodiamant-Messzelle, Gasmesszelle

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

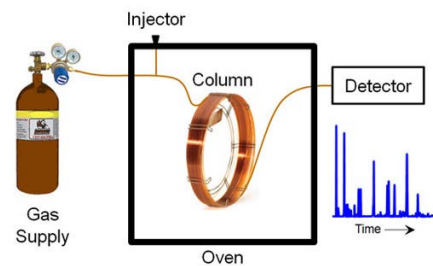


## Gaschromatographie mit Massenspektrometer-Kopplung (GC-MS)<sup>1</sup>

*Prüfgerät:* Clarus 600 GC/MS

*Methoden:* Headspace, Headspace Trap, Flüssiginjektion

*Auswertung:* Trennung und Identifizierung flüchtiger organischer Komponenten



## Hochaufgelöste Rasterelektronenmikroskopie-Energiedispersive Röntgenspektroskopie (REM-EDX)<sup>2</sup>

*Prüfgerät:* Helios Nano-Lab Rasterelektronenmikroskop

*Auswertung:* Schichtaufbau, Elementzusammensetzung von Schichten und Partikeln; Analyse von Flüssiglacken anhand des Festkörpers bzw. an einer damit aufgetragenen Beschichtung

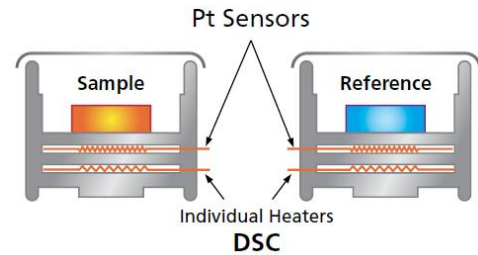


# Glasübergangstemperatur, DSC, Vernetzung

## Differenzialthermoanalyse /Differential Scanning Calorimetry (DSC), UV-DSC<sup>1</sup>

*Prüfgeräte:* DSC 7, DSC 8500 mit photokalorimetrischem Zubehör

*Auswertung:* Bestimmung von Schmelztemperaturen, Glasübergängen (T<sub>g</sub>), Vernetzungsreaktionen und weiteren Effekten, die mit einer Änderung der Wärmekapazität einhergehen

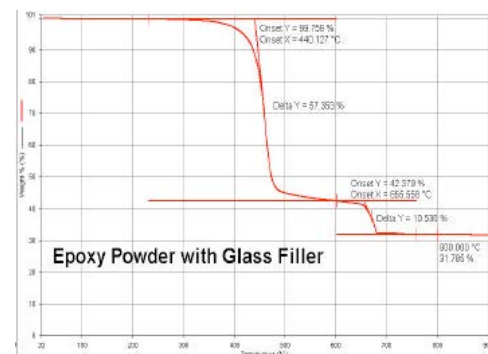


## Thermogravimetrie

### Thermogravimetrie, thermogravimetrische Analyse (TGA)<sup>1</sup>

*Prüfgerät:* Thermowaage Pyris 1 TGA

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





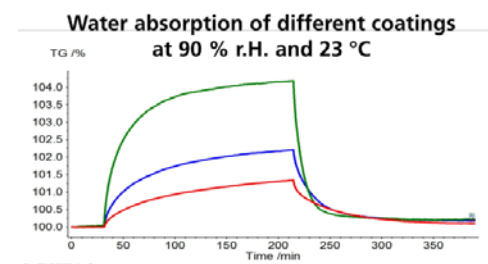
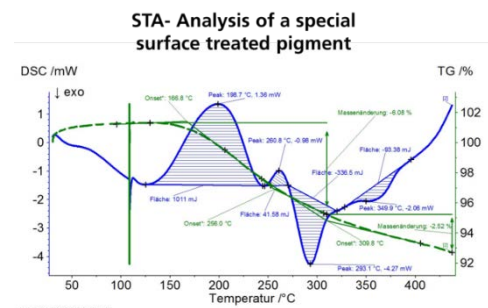
# Simultane Thermische Analyse (STA)

## Gleichzeitige Dynamische Differenzkalorimetrie (DSC) und Thermogravimetrische Analyse (TGA) an Farben, Beschichtungen, Polymeren, Fasern und Pulvern<sup>2</sup>

*Prüfnorm:* ISO 11357

*Messmodi:* Bestimmung der Massenänderung (absolut, prozentual) (TGA), Änderungen der Wärme-kapazität (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 thermo-physikalisch bzw. chemischen Eigenschaften (Kristallisation, Schmelzen, Glasübergang, Wärmekapazität, Zersetzung) von Polymeren, Prozess-simulation (chemische Reaktionen, Trocknungsvorgänge), Bestimmung der thermischen und/oder oxidativer Stabilität, Zersetzungskinetik, Zusammensetzung von Polymer Blends, Feuchte-Aufnahme und des Pigment / Füllstoff-Gehaltes



## Prüfung von Pulverlacken



## Schmelzpunkt/Härtung von Pulverlacken

### Bestimmung des Schmelzpunktes und -bereiches von Pulverlacken und anderen Feststoffen<sup>1</sup>

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

*Prüfgerät:* Kofler Heizbank

*Auswertung:* Schmelztemperatur bzw. -bereich T [°C]



### Härtung von Pulverlacken mit Temperaturgradient zur Ermittlung des Härtungstemperaturbereichs<sup>2</sup>

*Prüfgerät:* Gradientenofen von TQC

*Auswertung:* Untersuchung des Einflusses der Einbrenntemperatur auf wichtige Beschichtungseigenschaften



## Fluidisierbarkeit von Pulverlacken

### Messung der Höhe des Pulvers im Behälter während und nach der Fluidisierung und der Auslaufzeit durch eine festgelegte Öffnung<sup>7</sup>

*Prüfnorm:* DIN EN ISO 8130-5

*Prüfgerät:* SAMES-Fluidimeter

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

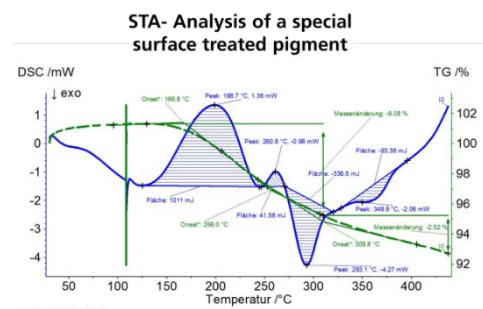


## Simultane Thermische Analyse (STA)

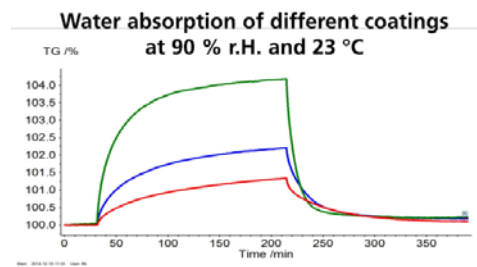
### Gleichzeitige Dynamische Differenzkalorimetrie (DSC) und Thermogravimetrische Analyse (TGA) an Farben, Beschichtungen, Pulverlacken, Polymeren, Fasern und Pulvern<sup>2</sup>

*Prüfnorm:* ISO 11357

*Messmodi:* Bestimmung der Massenänderung (Absolut, Prozentual) (TGA), Änderungen der Wärme-kapazität (DSC) als Funktion der Temperatur oder Zeit, Temperaturbereich:  $-100\text{ °C}$  bis  $+600\text{ °C}$ , kontrollierte Atmosphäre, wie Stickstoff oder Luft-Sauerstoff, kontrollierte Feuchtigkeit zur Messung der Wasseraufnahme



*Auswertung:* Bestimmung von Massenänderungen (z.B. Ausgasen von Pulverlacken während der Härtung) als Funktion der Temperatur, Zeit oder Feuchtigkeit, Charakterisierung der thermo-physikalischen Eigenschaften (Kristallisation, Schmelzen, Glasübergang, Wärmekapazität, Zersetzung) von Polymeren, Prozesssimulation (chemische Reaktionen, Trocknungsvorgänge), Bestimmung der thermischen und/oder oxidativer Stabilität, Zersetzungskinetik, Zusammensetzung von Polymer Blends, Feuchte-Aufnahme und des Pigment / Füllstoff-Gehaltes



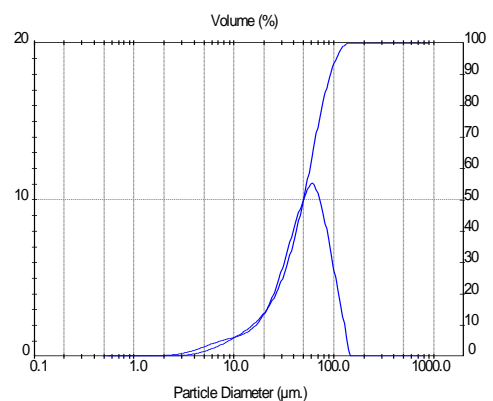
## Korngrößen und -verteilung von Pulverlacken

### Bestimmung der Korngrößenverteilung von Pulverlacken<sup>4</sup>

*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<sup>1,2,5</sup>

*Prüfgeräte:*

Lichtmikroskope

Zeiss Universalmikroskop

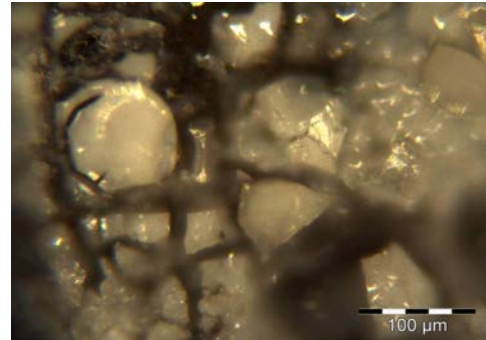
Zeiss Axioscop 7

Olympus BX61

Wild Makroskop M400

Keyence Digitalmikroskope

*Auswertung:* Partikelgröße und -verteilung



## Bestimmung der Schüttdichte<sup>6</sup>

*Prüfnorm:* EN ISO 60 (DIN 53468)

*Prüfgerät:* Schüttdichtemessgerät

*Auswertung:* Schüttdichte [kg/m<sup>3</sup>]

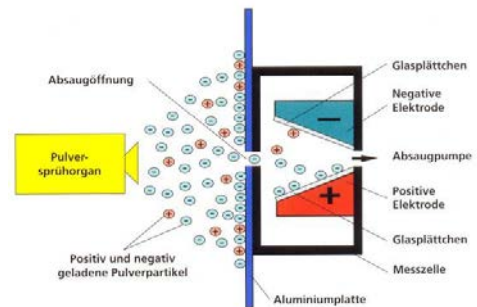


## Aufladbarkeit eines Pulverlackes

### Bestimmung der Größe und des Niederschlagorts der auf negativ und positiv vorgeladenen Elektroden abgeschiedenen Pulverpartikel<sup>7</sup>

*Prüfgerät:* Ladungsspektrometer

*Auswertung:* Bestimmung der partikelgrößenpezifischen Aufladung  $q/d$  [fC/10 $\mu$ m Partikeldurchmesser]



### Bestimmung der Aufladbarkeit mittels Time-Domain-Reflektometrie (TDR)<sup>7</sup>

*Prüfgerät:* Alpha TDR-5000 Dielectric Constant Meter

*Auswertung:* Dielektrizitätskonstante  $K$ , relative Permittivität  $\epsilon_r$



### Bestimmung des triboelektrischen Aufladungsverhaltens ( $q/m$ ) über das IQT (Strom-, Ladungs- und Zeit)-Messverfahren<sup>7</sup>

*Prüfgerät:* IQT-Messgerät

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



## Schichtdicke von Pulverlacken

---

### **Berührungslose Bestimmung der Schichtdicke von ungehärteten Pulverlack-Schichten<sup>7</sup>**

*Prüfgerät:* Schichtdickenmessgerät POWERSAVE II

*Auswertung:* Schichtdicke [ $\mu\text{m}$ ]



## Oberflächenenergie von Pulvern

---

### **Bestimmung von Kontaktwinkeln und der Oberflächenenergie von Beschichtungen, Pulvern und Pigmenten<sup>1,2</sup>**

*Prüfgerät:* Tensiometer mit Stampfvolumeter

*Auswertung:* Kontaktwinkel und Oberflächenenergie mit polaren und dispersen Anteilen





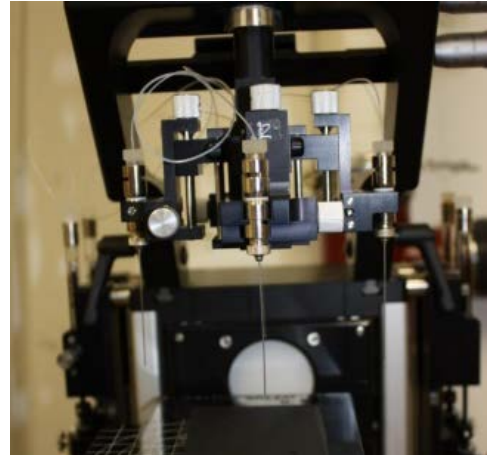
---

## Bestimmung der Oberflächenenergie von Pulverlack-Schmelzen<sup>2</sup>

*Methode:* Pendant drop (hängender Tropfen), Optisches Konturanalyseverfahren

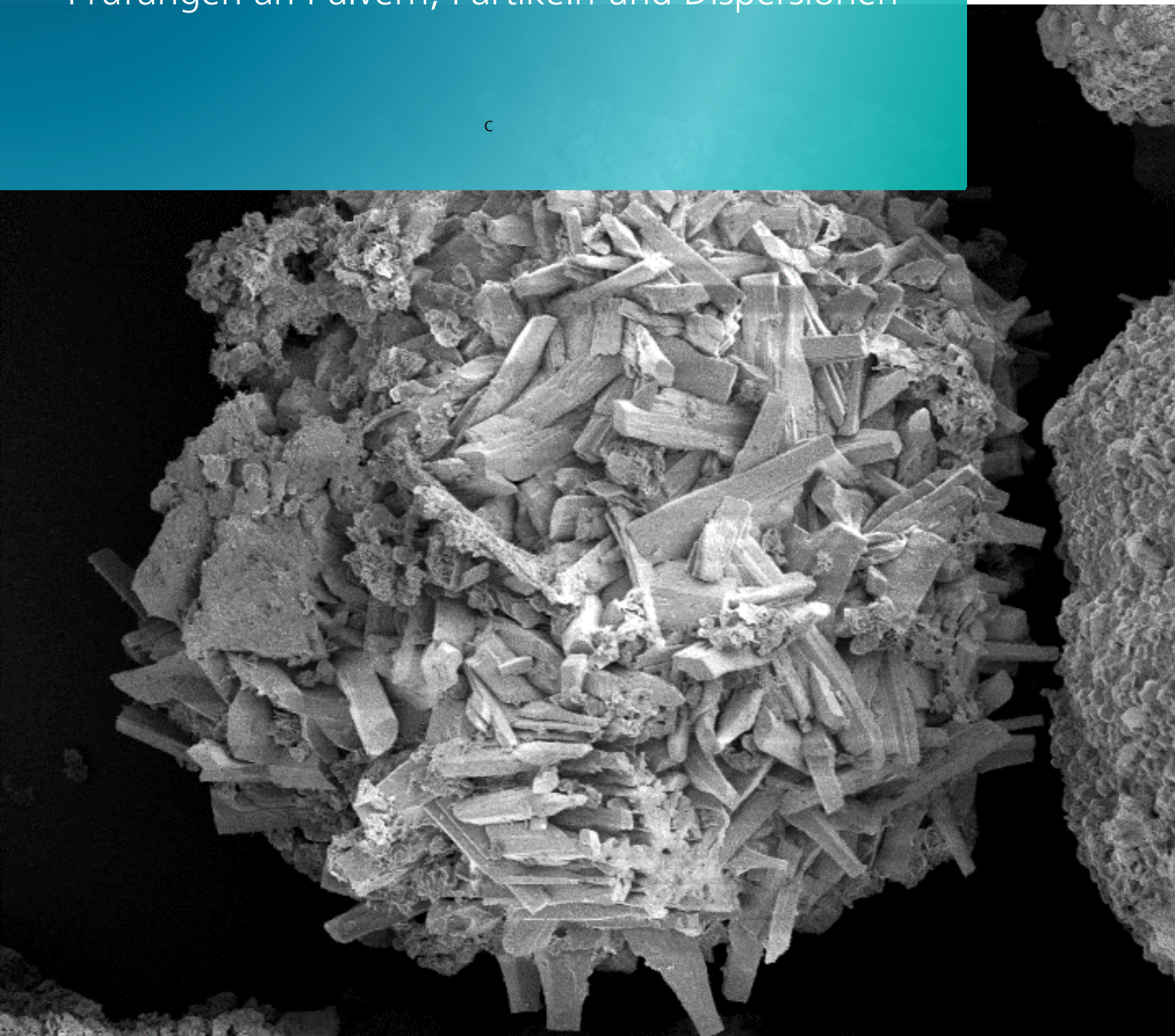
*Prüfgerät:* DataPhysics OCA 40 Micro

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



# Prüfungen an Pulvern, Partikeln und Dispersionen

c

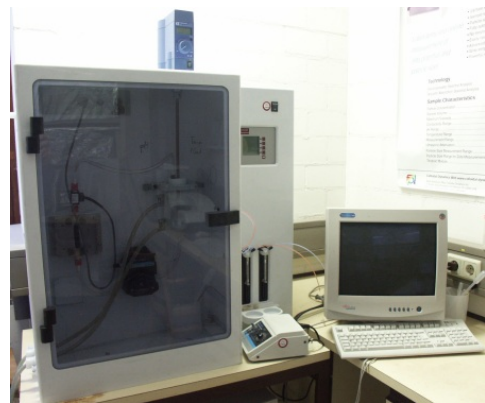


# Teilchengrößenverteilung, -beweglichkeit und Zetapotenzial

## Bestimmung der Teilchengrößen und des Zetapotentials<sup>4</sup>

*Prüfgerät:* Acoustosizer

*Auswertung:* Partikelgrößenverteilung, Zetapotential und -Partikelmobilität



## Bestimmung der Teilchengrößen und des Zetapotentials<sup>4</sup>

*Prüfgerät:* Nanosizer ZS

0,6 nm – 6,0 µm

*Auswertung:* Partikelgrößenverteilung, Zetapotential

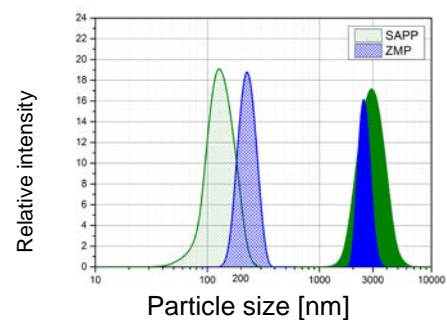


## Bestimmung der Teilchengrößen<sup>2</sup>

*Prüfgerät:* Mastersizer 2000

0,1 bis 1000 µm

*Auswertung:* Partikelgrößenverteilung



## Trübungsgrad

---

### Trübungsgrad von Dispersionen<sup>4</sup>

*Prüfgerät:* HI 93703 Trübungsmessgerät (HANNA Instruments)

*Auswertung:* Formazine Nephelometrische Einheiten



## Spezifische Oberfläche nach BET, Porosität, Chemisorption

---

### Bestimmung der spezifischen Oberfläche nach BET, von Porosität und Chemisorption nichtkorrosiver Gase an Pulvern<sup>4</sup>

*Prüfgerät:* Autosorb 1C (Quantachrome)

*Auswertung:* BET-Oberfläche, Porosität und Chemisorption an Pulvern nach Bestimmung von Adsorptions- und Desorptionsisothermen

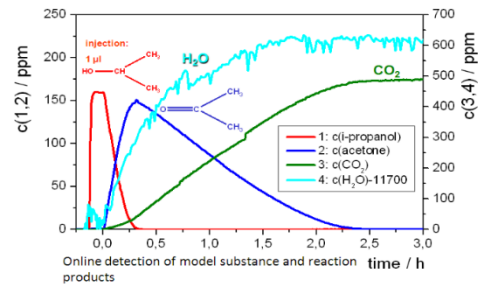


# Photokatalytische Aktivität

## Bestimmung der photokatalytischen Aktivität von Partikeln, Pigmenten, Beschichtungen und anderen Oberflächen<sup>2</sup>

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

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



## Bestimmung des Methylenblau-Abbaus durch photokatalytisch aktive Materialien (Luftreinigung)<sup>2</sup>

*Prüfnorm:* DIN 52980

*Prüfgerät:* Prüfaufbau nach DIN 52980 mit UV-LED Lichtquelle; UV-Vis-Spektrometer

*Auswertung:* Berechnung der spezifischen photokatalytische Aktivität  $P_{MB}$  und der Photoneneffizienz  $\zeta_{MB}$

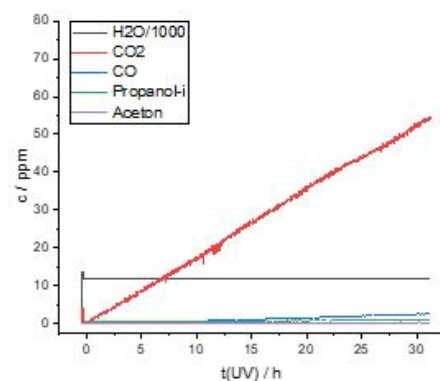


# Photodegradation

## Bestimmung der Photodegradationsneigung von Partikeln, Pigmenten, Beschichtungen und anderen Oberflächen

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

*Auswertung:* Quantitative IR-Detektion der Edukte und Abbauprodukte



## NO<sub>x</sub> - Abbau

### Prüfverfahren zur Bestimmung des NO<sub>x</sub>-Abbaus durch photokatalytisch aktive Materialien (Luftreinigung)<sup>2</sup>

*Prüfnorm:* ISO 22197-1; DIN 19279

*Prüfgerät:* Durchflussreaktor nach ISO 22197-1 mit UV-LED Lichtquelle

*Auswertung:* Kontinuierliche Messung der Konzentration von Stickstoffmonoxid (NO), Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) und anderen Stickoxiden (NO<sub>x</sub>) mittels Chemolumineszenz, Bestimmung der Depositionsgeschwindigkeit von NO

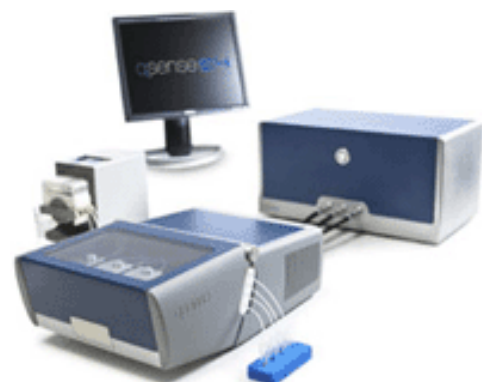


## Adsorption an dünnen Schichten - Quarzkristallmikrowaage

### Adsorptionsvorgänge und Eigenschaften von dünnen Schichten<sup>4</sup>

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

*Auswertung:* Wechselwirkungen wie Adsorption an dünnen Schichten; Wasseraufnahme und elektrochemische Eigenschaften



## Prüfung von gehärteten Lacken / Beschichtungen



# Haftfestigkeit von Beschichtungen

## Gitterschnittprüfung zur Beurteilung der Haftung von Beschichtungen<sup>2,5</sup>

*Prüfnorm:* DIN EN ISO 2409

*Prüfgeräte:* Mehrschneidenmesser, Einschneidenmesser, Skalpell mit Abstandshalter; Klebeband

*Auswertung:* Gitterschnitt-Kennwerte (Gt)



## Kreuzschnittprüfung zur Beurteilung der Haftung von Beschichtungen<sup>2,5</sup>

*Prüfnorm:* DIN EN ISO 16276-2

*Prüfgeräte:* Cuttermesser; Schablone, Geodreieck, Klebeband

*Auswertung:* Kennwerte



## Messung der Abplatzlänge der Beschichtung ausgehend von einer Ritzstelle, verursacht durch einen Wasserstrahl / Dampfstrahlprüfung/-test<sup>2,5</sup>

*Prüfnorm:* z.B. DIN EN ISO 16925, DBL 5416, PBO DC 361, VW PV 1503, DIN 55662

*Prüfgeräte:* Druckwasserstrahlprüfgerät

*Auswertung:* Kennwert (0 bis 5) aus dem visuellen Vergleich mit den Darstellungen in DIN 55662. Zusätzliche Angabe der Trennebene der Enthftung und ggf. Ausmessen der Ablösungen (max. Breite in mm oder Fläche in mm<sup>2</sup>); Breite der Enthftung ab Ritzkante in [mm]





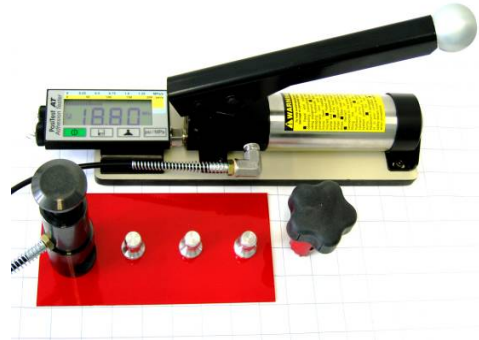
## Abreißversuch bzw. Stirnabzugstest<sup>2,5</sup>

Bestimmung der Haftfestigkeit als die Kraft, bezogen auf die (Stempel)Fläche 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, Zwicky, transportable hydraulische Geräte

*Auswertung:* Abreißfestigkeit  $\sigma$  [MPa] und Angabe der Trennebene der Enthftung



## Steinschlagfestigkeit<sup>5</sup>

Ermittlung des Schadensbildes einer mit Steinsplitt oder Schlagkörpern beaufschlagten 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 nach den o.g. Normen

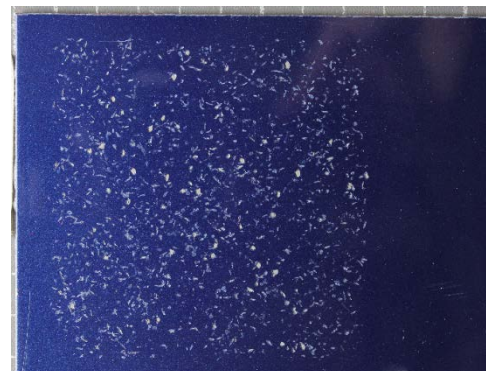


## Steinschlagprüfung Multischlag<sup>2,5</sup>

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

*Prüfgeräte:* Multisteinschlag-Prüfgerät (Erichsen)

*Auswertung:* Schadens-Kennwert nach den o.g. Normen



## Zug-, Druck- und Scherprüfungen

### Zugeigenschaften<sup>2</sup> von Beschichtungen (freie Filme) und Kunststoffen

*Prüfnorm:* DIN EN ISO 527-1

*Prüfgerät:* Zwick Universalprüfmaschine Z050, Zwicki

*Auswertung:* Bruchdehnung, Bruchspannung, E-Modul, Fließspannung, u.a.



### Zugscherfestigkeit<sup>2</sup> von Beschichtungen (insbesondere Pulverlacke) und Klebstoffen

**Prüfnorm: DIN EN 1465, ASTM D 1002**

*Prüfgerät:* Zwick Universalprüfmaschine Z050

*Auswertung:* Abreißfestigkeit  $\sigma$  [MPa] und Angabe der Trennebene der Enthftung



## 90° Abzugsversuch zur Messung des Schälwiderstands<sup>2</sup>

*Prüfnorm:* ISO 29862, DIN 16860

*Prüfgerät:* Zugprüfmaschine (Zwicki)

*Auswertung:* Kraft, die zur Trennung der Klebeverbindung erforderlich ist



## Abrieb- und Kratzfestigkeit von Beschichtungen

### Chemo-mechanische Abriebprüfung<sup>5</sup>

*Prüfnorm:* 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



## Abschleifmethode mit dem Reibrad-Verfahren<sup>2,5</sup>

*Prüfnormen:* DIN EN ISO 7784, DIN EN 13523-16, ASTM D 1044

*Prüfgeräte:* Taber-Abraser, Analysenwaage

*Auswertung:* Massenverlust  $\Delta m$  [mg], Anzahl der Umdrehungen



## Vielfachverkratzung mit dem Crockmeter<sup>2</sup>

*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  $\Delta m$  [mg]  
Schichtdickenabnahme  $\Delta S_d$  [ $\mu\text{m}$ ]  
Digitale Bildanalyse



## Pflegebeständigkeitsprüfung mit dem Crockmeter<sup>5</sup>

*Prüfnormen:* z.B. DBL 7384, VW TL 226

*Prüfgerät:* Crockmeter, z.B. Atlas CM-5, Crockmaster

*Auswertung:* Beurteilung der Filzverfärbung und der Abriebspur, visuelle Beurteilung und/oder Glanzmessung



## Bestimmung der Nassabriebbeständigkeit von Beschichtungen<sup>2,5</sup>

*Prüfnormen:* DIN EN ISO 11998, ASTM D 968

*Prüfgeräte:* Wasch- und Scheuerbeständigkeitsprüfgerät

*Auswertung:* Glanzverlust, mittlerer Schichtdickenverlust  
 $L_{dft}$  [ $\mu\text{m}$ ]



## Bestimmung der Kratzfestigkeit mit der Labor-Waschanlage<sup>5</sup>

*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



## Untersuchung der Beständigkeit gegenüber Sandbelastung

*Prüfgeräte:* Sandstrahlkabine

*Auswertung:* Grafische Auswertung der geschädigten  
Fläche, Bestimmung der Abtragsrate, Bestimmung der  
Glanzabnahme

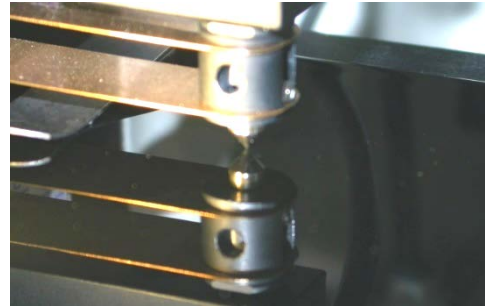


## Nano-Scratch-Test<sup>2</sup>

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

*Prüfnorm:* ASTM D 7187

*Auswertung:* Eindringtiefe  $d_p$  [µm], verbleibende Tiefe  $d_r$  [µm], Tangentialkraft  $F_t$  [mN], Kratzhärte  $H_{\text{scratch}}$  [N/mm<sup>2</sup>], Kratzwiderstand  $Z$  [N/mm<sup>2</sup>], Recovery [%]



## Dynamisch-mechanische Analyse

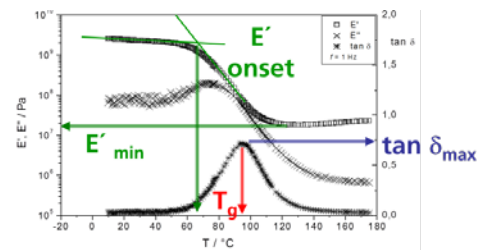
### Dynamisch-mechanische Analyse (DMA) an Beschichtungen (freien Filmen) in Abhängigkeit von der Temperatur (und der Feuchteeinwirkung)<sup>1,2</sup>

*Prüfnorm:* DIN EN ISO 6721-1

*Prüfgeräte:* Thermoanalyse-System DMA/SDTA 1+, DMA 242C, DMA 7e

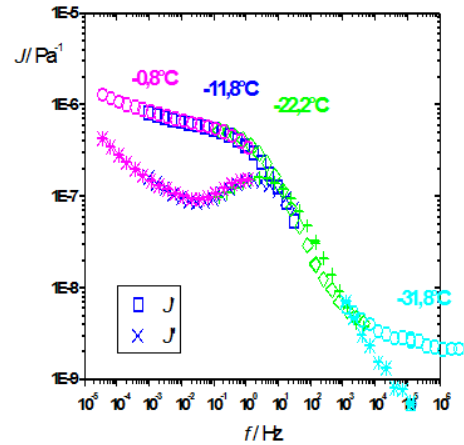
*Messmodi:* Zug-, Druckbelastung, 3-Punkt-Biegung, Dual-Cantilever, Single-Cantilever, Scherung, Penetration

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



## Interpolation von dynamisch-mechanischen Spektren<sup>2</sup>

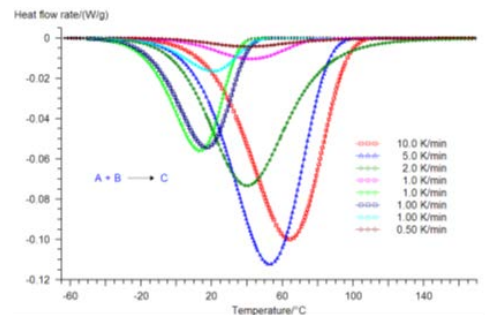
*Auswertung:* Interpolation der Spektren zur Vorhersage von Langzeit- (Monate/Jahre) und Kurzzeitverhalten (Schlag), Ermittlung der Parameter nach WLF und Vogel-Fulcher



## Simulation und Modellierung von Reaktionsvorgängen, Ofenkurven und Langzeitverhalten<sup>2</sup>

*Methode:* Netzsch Formalkinetik

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



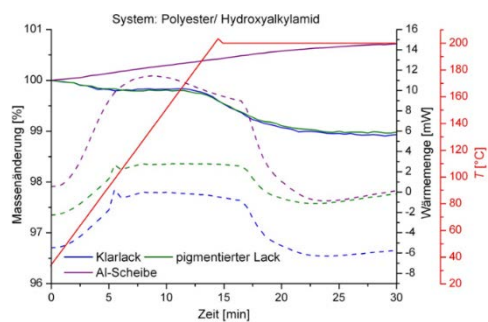
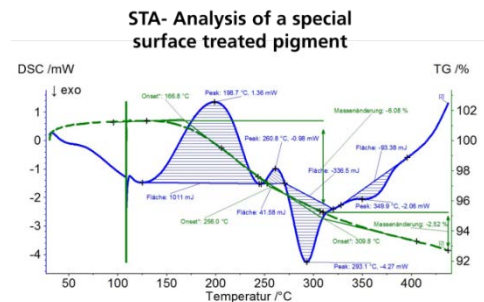
# Simultane Thermische Analyse (STA)

## Gleichzeitige Dynamische Differenzial-kalorimetrie (DSC) und Thermogravimetrische Analyse (TGA) an Lacken, Beschichtungen, Polymeren, Fasern und Pulvern<sup>2</sup>

*Prüfnorm:* ISO 11357

*Messmodi:* Bestimmung der Massenänderung (Absolut, Prozentual) (TGA), Änderungen der Wärmekapazität (DSC) als Funktion der Temperatur oder Zeit. Temp.-Bereich: -100 °C bis +600 °C, Kontrollierte Atmosphäre, wie Stickstoff oder Luft-Sauerstoff.

*Auswertung:* Bestimmung von Masseänderungen als Funktion der Temperatur, Zeit oder Feuchtigkeit, Charakterisierung der thermophysikal.-chemischen Eigenschaften (Kristallisation, Schmelzen, Glasübergang, Wärmekapazität, Zersetzung) von Polymeren, Beschichtungen etc.; Prozesssimulation (chemische Reaktionen, Trocknungsvorgänge), Bestimmung der thermischen und/oder oxidativer Stabilität, Zersetzungskinetik, Zusammensetzung von Polymer Blends,

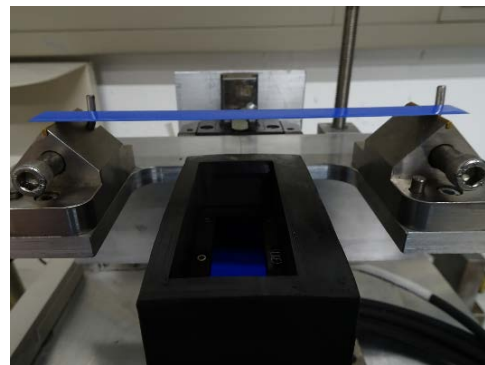


## Innere Spannungen

### Bestimmung von inneren Spannungen an Beschichtungen<sup>2,4</sup>

*Prüfgerät:* Stressmeter mit Laser-Detektion

*Auswertung:* Durchbiegung von beschichteten Metallstreifen in Abhängigkeit des Trocknungs-/Beanspruchungszustands





## Brennprüfung von Werkstoffen

---

### Bestimmung des Brennverhaltens von Werkstoffen der Kraftfahrzeuginnenausstattung<sup>5</sup>

*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<sup>2</sup>

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<sup>2,5</sup>

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

*Prüfnormen:* DIN EN ISO 6272, ASTM D 2794

*Prüfgerät:* Impact-Tester; Kugelschlagprüfung

*Auswertung:* Schlagkraft  $F$  [N]



## Kugelschlagprüfung nach Wegner<sup>5</sup>

*Prüfnorm:* DIN EN 438-2

*Prüfgerät:* IPW Kugelschlagprüfer mit Auflagevorrichtung

*Prüfkörper:* Stahlkugel 5mm  $\varnothing$

*Auswertung:* Schlagkraft  $F$  [N]



## Dornbiegeprüfung (zylindrisch)

Bestimmung der Elastizität durch Biegen mit dem zylindrischen Verfahren<sup>2,5</sup>

*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<sup>2,5</sup>

*Prüfnormen:* DIN EN ISO 6860, ASTM D 522a

*Prüfgerät:* Konische Dornbiegeeinrichtung

*Auswertung:* Abstand  $d$  [mm] bei dem Risse entstehen



## Härte

### Pendelhärte<sup>2,5</sup>

Bestimmung nach dem **Pendeldämpfungsverfahren**

*Prüfnorm:* DIN EN ISO 1522

*Prüfgerät:* Pendel-Dämpfungsprüfgerät nach König

*Auswertung:* Anzahl der Schwingungen, Zeit  $t$  [s]



## Buchholzhärte<sup>2,5</sup>

Längenmessung der durch einen Eindringkörper verursachten Eindruckstelle (Eindruckprüfung)

*Prüfnorm:* DIN EN ISO 2815

*Prüfgerät:* Eindruckhärteprüfer nach Buchholz

*Auswertung:* Eindrucklänge [mm], Eindruckwiderstand  $\alpha_B$



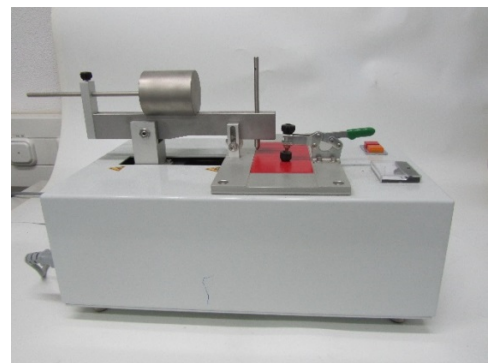
## Ritzhärte<sup>2,5</sup>

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<sup>2,5</sup>

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

*Prüfnormen:* DBL 7384, VW TL 226

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

*Auswertung:* Federkraft F [N]



## Bleistifthärte<sup>2</sup>

Bestimmung der Bleistifthärte, welche einen Eindruck auf der Lackoberfläche hinterlässt

*Prüfnormen:* ASTM D 3363, DIN EN ISO 15184

*Prüfgerät:* Bleistifthärteprüfer (z.B. Erichsen scratch hardness tester model 291)

*Auswertung:* Shore-Härte (Bleistifthärte)



## Martenshärte (Universalhärte)<sup>2</sup>

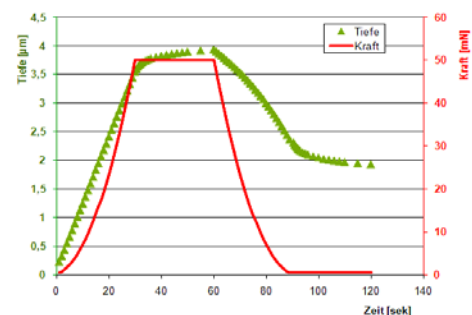
Bestimmung der Martenshärte von Beschichtungen und der einzelnen Schichten im Aufbau senkrecht zum Schliiff

*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  $t$  [ $\mu\text{m}$ ], Martenshärte  $HM$  [ $\text{N}/\text{mm}^2$ ], Kriechen  $cr$  [%], Kriechen nach Rücknahme der Prüfkraft  $cr_R$  [%], Elastizitätsmodul  $E_{HU}$  [ $\text{MPa}$ ], elastischer Anteil der Verformungsenergie  $W_e$  [%], plastischer Anteil der Verformungsenergie  $W_b$  [%]



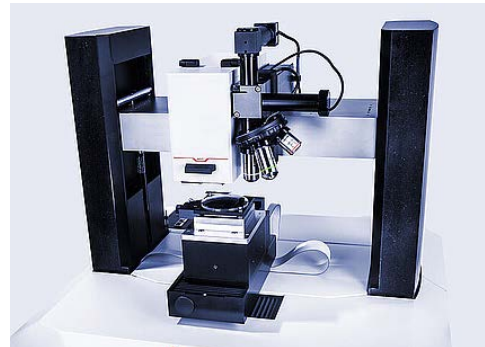
## Bestimmung des Reibungskoeffizienten

---

### Bestimmung des statischen und dynamischen Reibungskoeffizienten von Gleitbeschichtungen<sup>4</sup>

*Prüfgerät:* Nano-Scratch-Tester NST (Anton-Paar)

*Auswertung:* Reibungskoeffizienten



## Elektrische Isolationsfähigkeit

---

### Bestimmung der elektrischen Isolationsfähigkeit von Beschichtungen<sup>2</sup>

*Prüfgerät:* Isolationstester

*Auswertung:* Widerstand [Ohm]



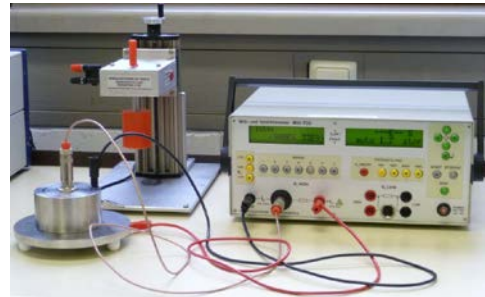
# Oberflächen- und Durchgangswiderstand

## Widerstandsmessung zwischen zwei auf der Substratoberfläche angebrachten definierten Elektroden<sup>2,4</sup>

*Prüfnormen:* DIN EN 1149, DIN IEC 60167

*Prüfgerät:* Leitfähigkeitsmessgerät/Gleichstrom-Widerstandsmessgerät mit Ringelektrode

*Auswertung:* Oberflächenwiderstand  $R$  [ $\Omega$ ], Strom  $I$  [A]



# Beständigkeit gegenüber Chemikalien und Quellbarkeit

## Beständigkeit gegen Chemikalien

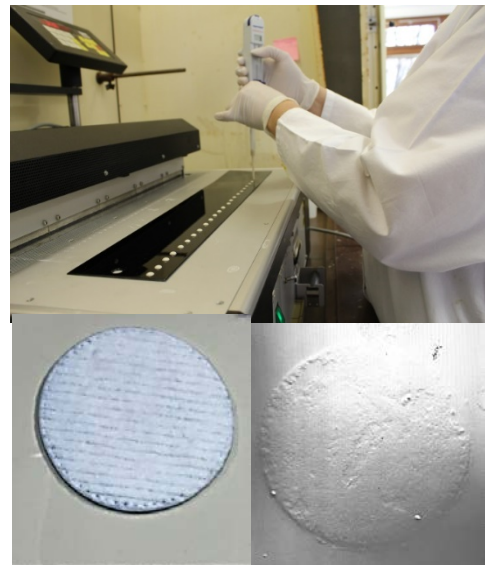
Einwirkung von Prüfchemikalien auf die Beschichtung nach definierter Zeit und Temperatur<sup>2,5</sup>

*Prüfnormen:* DIN EN ISO 2812-1,-2,-3,-4, -5, VDA 621-412, Automobil-Werksnormen (z.B. MBN 10494-7, TL 211)

*Prüfmittel:* Laborglasware, Abdichtmasse, Wärmeschrank, Mechanische Einkanalpipette (Eppendorf); Gradientenofen

*Methoden:* Einwirkung von Prüfchemikalien bei konstanter Temperatur (Tropfen, Tauchen, getränktes Pad,..) und Bewertung der Schädigung; Graffiti-Beständigkeit: Beständigkeit gegen Graffiti-Entfernungsmittel, Einfluss der Temperatur auf die Chemikalienbeständigkeit: Gradientenofen

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



# Cremebeständigkeit

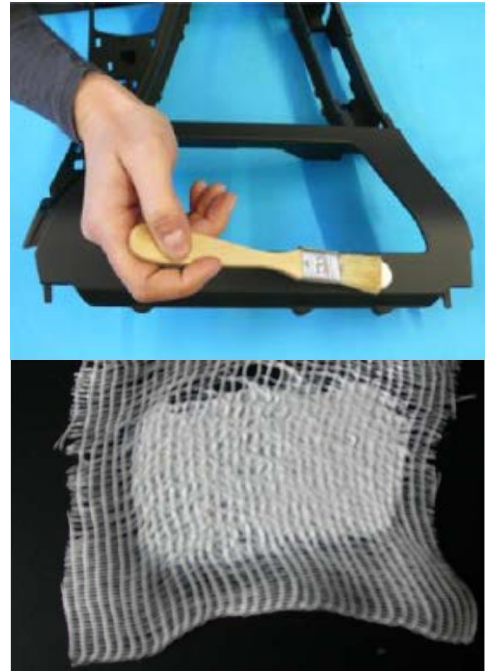
## Cremebeständigkeit

Einwirkung von Cremes auf die Beschichtung nach definierter Zeit und Temperatur<sup>5</sup>

*Prüfnormen:* DIN EN ISO 2409, Automobil-Werknormen: AA-0053, DBL 7384, PV 3964

*Prüfmittel:* Mullbinde, Abdichtmasse, Wärmeschrank, Erichsen-Härteprüfstab Typ 318, Prüfspitze nach Bosch, Rakel, Pinsel, Waage

*Auswertung:* Visuelle Beurteilung, Kratzprobe, Härteprüfstab, Graumaßstab, Gitterschnitt-Kennwert nach DIN EN ISO 24



# Geruchsprüfung

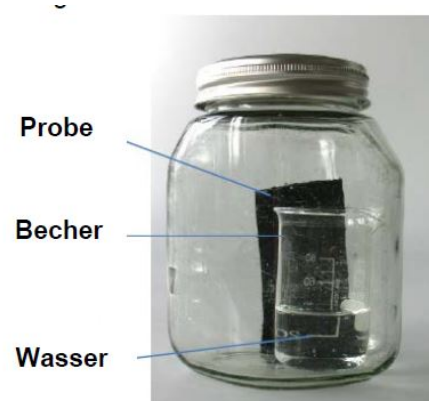
## Geruchsprüfung

Lagerung der Proben in einem geschlossenen Gefäß unter definierten Bedingungen. Nach der Lagerung wird die auftretende Geruchsentwicklung beurteilt<sup>5</sup>

*Prüfnormen:* VDA 270, Automobil-Werknormen: DBL 5430, PV 3900

*Prüfmittel:* Glasbehälter mit Deckel (Leifheit Einkochglas), Temperaturmessgerät mit Luftfühler, Wärmeschrank

*Auswertung:* Geruchsnote gemäß einer Bewertungsskala





## Bestimmung der Formaldehyd-Emission

**Probekörper einer bestimmten Masse und Abmessung werden über Wasser in geschlossenen 1-l-PE-Flaschen befestigt und bei konstanter Temperatur über eine definierte Zeit gelagert. Anschließend wird das absorbierte Formaldehyd derivatisiert und analytisch bestimmt.<sup>5</sup>**

*Prüfnormen:* VDA 275, Automobil-Werksnorm: PV 3925

*Prüfmittel:* Chemikalien, Wärmeschrank, Präzisionswaage, Laborutensilien, HPLC mit UV-Detektor, UV/Vis-Spektralphotometer, Trennsäule, Küvetten

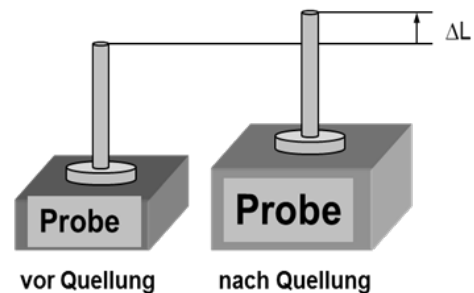
*Auswertung:* Die ermittelte FA-Menge wird auf die trockene Probekörpermasse bezogen (mg/kg atro)



## Quellbarkeit von Beschichtungen Dilatometrie (DIL)<sup>1</sup>

*Prüfgerät:* DMA 7e

*Auswertung:* Ausdehnung einer Beschichtung, Quellverhalten bei Lösemiteleinwirkung, Ausdehnungskoeffizient



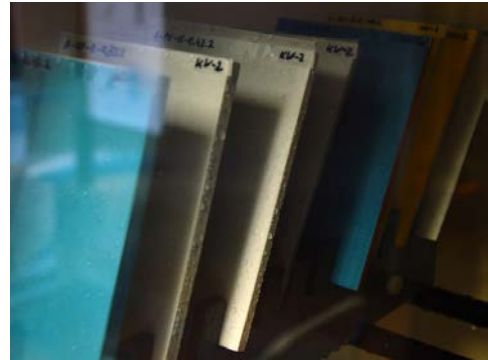
## Beständigkeit gegenüber Feuchtigkeit, Wasser

### Beständigkeit gegenüber Kondenswasser / Kondenswassertest<sup>2,5</sup>

*Prüfnormen:* DIN EN ISO 6270-1, DIN EN ISO 6270-2,  
DIN EN ISO 6988

*Prüfgerät:* Kondenswasser-Konstantklima-Kammer

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



### Beständigkeit gegenüber Heißwasser / Heißwassertest<sup>2,5</sup>

*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



---

## Beständigkeit gegenüber kochendem Wasser / Kochtest<sup>2,5</sup>

*Prüfnorm:* GSB AI 631

*Prüfgeräte:* Magnetrührer, Thermostat, Becherglas,  
Gitterschnittmesser

*Auswertung:* Blasengrad, Lackhaftung, Risse,  
Oberflächenveränderungen



---

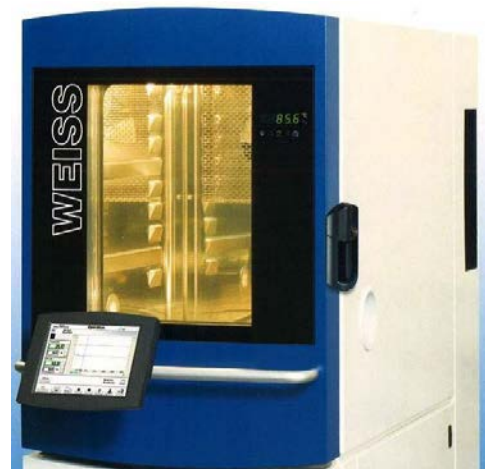
## Hydrolysebeständigkeit<sup>5</sup>

z.B. von Fahrzeuginnenraumlackierungen

*Prüfnormen:* z.B. DBL 7384, VW TL 226

*Prüfgeräte:* Klimawechselkammer

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



---

## Wasserlagerung

*Prüfnorm:* DIN EN ISO 2812-2

*Prüfgerät:* Wasserwanne mit Thermostat

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

## Temperatur- / Klimawechsel-Beanspruchung

### Kältebeständigkeit<sup>5</sup>

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<sup>2,5</sup>

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

*Prüfnormen:* DBL 5416, VW PV 2005, VW PV 1200

*Prüfgerät:* Weiss Klimaprüfschrank

*Auswertung:* Oberflächenveränderungen, Lackhaftung,  
Rissbildung



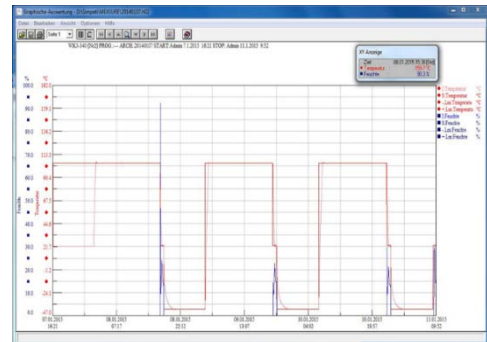
## Temperaturlagerbeständigkeit<sup>2,5</sup>

Lagerung der Proben bei hoher Temperatur (Ofenalterung)

*Prüfnorm:* z.B. DBL 5416, VW TL 226

*Prüfgerät:* Umluftofen

*Auswertung:* Farbänderung  $\Delta E$ , Vergilbung  $\Delta b$ , Glanzänderung, Lackhaftung, Haptik, Risse



## Freibewitterung

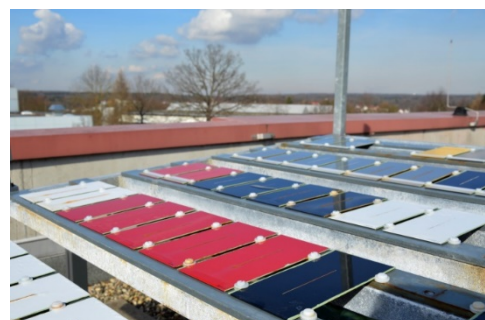
### Freibewitterung unter Landklima<sup>2</sup>

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  $\Delta E$ , Vergilbung  $\Delta b$ , Glanzänderung, Korrosion, Unterwanderung, Lackhaftung, Risse



# Künstliche Bewitterung

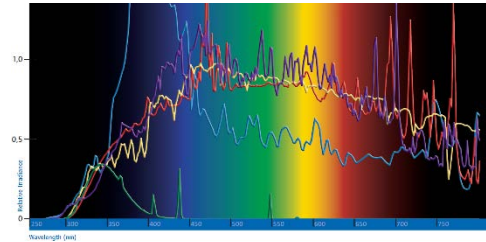
## Xenotest

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

*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; Xenotest 440 (Atlas)

*Auswertung:* Farbänderung  $\Delta E$ , Vergilbung  $\Delta b$ , Glanzänderung, Rissbildung,



## Xenotest

Künstliches Bewittern der Proben mit einer gefilterten Xenonbogenstrahlung (Xenon-Test)<sup>2,5</sup>

*Prüfnorm:* VW PV 3929, VW PV 3930, ASTM G 155

*Prüfgerät:* Xenotest Alpha+

*Auswertung:* Farbänderung  $\Delta E$ , Vergilbung  $\Delta b$ , Glanzänderung, Rissbildung



## Belichtungs- und Bewitterungsprüfgerät<sup>2,5</sup>

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-Test<sup>2</sup>

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

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

*Auswertung:* Farbänderung  $\Delta E$ , Vergilbung  $\Delta b$ , Rissbildung,  
Glanzänderung, Runzelbildung



## Belichtungs- und Bewitterungsprüfgerät<sup>5</sup>

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<sup>2</sup>

*Prüfgerät:* ESR-Spektrometer Miniscope MR 3000

*Auswertung:* Art und Konzentration radikalischer Spezies; kinetische Untersuchungen

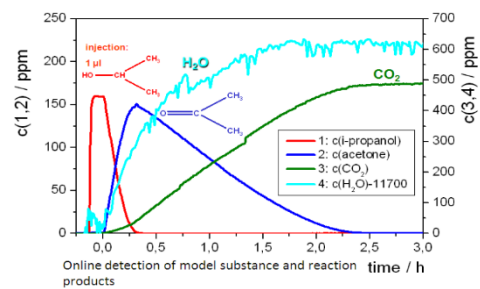


# Photokatalytische Aktivität

## Bestimmung der photokatalytischen Aktivität von Pigmenten, Beschichtungen und anderen Oberflächen<sup>2</sup>

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

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

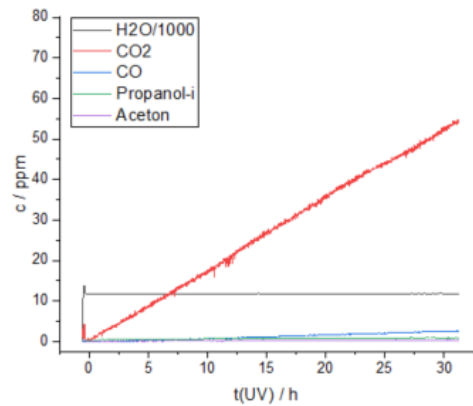


# Photodegradation

## Bestimmung der Photodegradationsneigung von Partikeln, Pigmenten, Beschichtungen und anderen Oberflächen

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

*Auswertung:* Quantitative IR-Detektion der Edukte und Abbauprodukte



# Laserbeschriftbarkeit von Beschichtungen

## Laserbeschriftung von Beschichtungen und Kunststoffen<sup>4</sup>

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

*Auswertung:* Laserbeschriftbarkeit, Entwicklung von laserbeschriftbaren Beschichtungs-Formulierungen



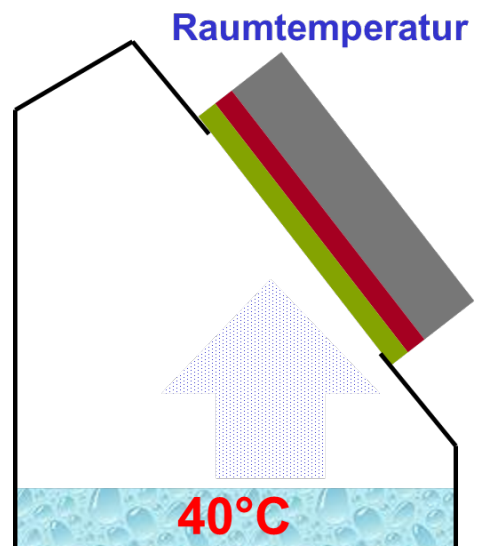
## Korrosionsbeständigkeit

### Korrosionsbeständigkeit von Beschichtungen gegen Kondenswasserkonstantklima mit einem Temperaturgradienten („Haagen-Test“)<sup>2</sup>

*Prüfnormen:* DIN EN ISO 6270-1, DIN EN ISO 6270-2  
zitiert in DIN EN ISO 12944-6

*Prüfgerät:* Kondenswasser-Klimaprüfeinrichtung mit Temperaturgradienten

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



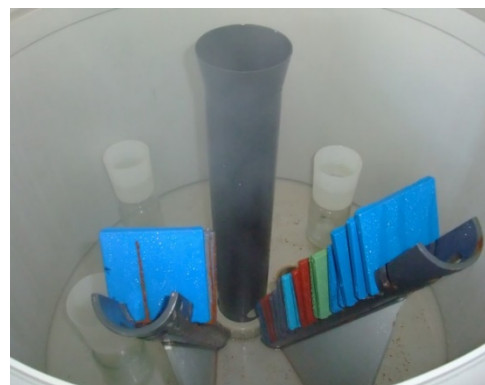
### Salzsprühnebeltest

Korrosionsbeständigkeit gegenüber Salzsprühnebel<sup>2,5</sup>

*Prüfnormen:* DIN EN ISO 9227-NSS, AAS und CASS, ASTM B 117  
zitiert in DIN EN ISO 12944-6

*Prüfgerät:* Salzsprühnebelkammer

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



## Zyklische Korrosionsprüfungen

### Korrosionswechselfests<sup>2</sup>

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 Enthaftung d [mm], Grad der Korrosion c [mm] u.a. nach DIN EN ISO 4628-8



## Zyklische Korrosionsprüfung für Multi-Metall-Anwendung

### Zyklische Korrosionsprüfung für Multi-Metall (Stahl, Zink und Aluminium) für Automobilanwendungen<sup>2</sup>

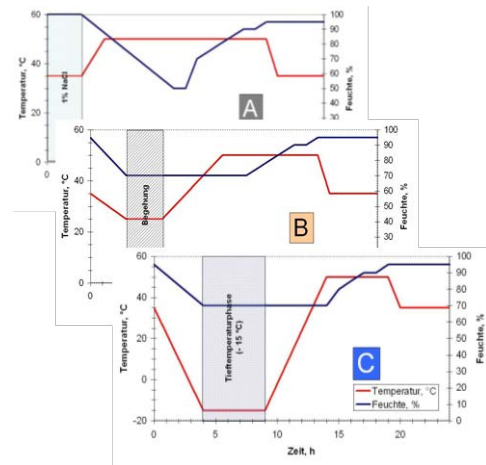
Dieser Test bildet die in der Feldbeobachtung auftretenden Schadensbilder und die Unterwanderung von Beschichtungen auf Zink-, Stahl- und Aluminiumuntergründen, insbesondere das Verhältnis zwischen Zink und Stahl, richtig ab.



*Prüfnorm:* DIN 55365, VDA 233-102, VDEh SEP 1850

*Prüfgerät:* CTS-Korrosionsprüfschrank

*Auswertung:* U.a. nach DIN EN ISO 4628-8: Unterwanderung, Blasenbildung, Rostgrad, Filiformkorrosion bei Aluminium und Stahl



## Filiformkorrosion

### Prüfung der Beständigkeit gegen Filiformkorrosion (fadenförmige Korrosion) bei Aluminium und Stahl<sup>2</sup>

*Prüfnorm:* DIN EN 3665; DIN EN ISO 4623-1,-2

*Prüfgeräte:* Impfkammer; Salzsäure  
 Klimakammer

*Methode:* Anbringen einer definierten Verletzung der Beschichtung, Impfen der Verletzungsstelle mit Salzsäure oder CASS-Test und anschließende Klimalagerung (z.B. 40 °C/80 % r.F.)

*Auswertung:* Korrodierte Fläche [mm<sup>2</sup>/cm], Fadenlänge [mm]



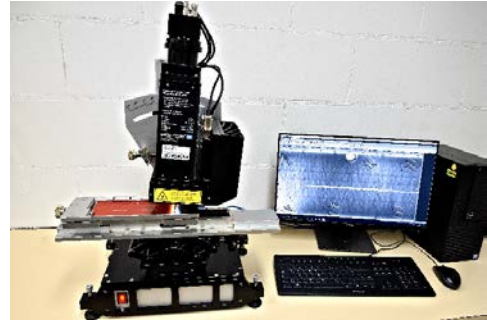
---

## Digitale Korrosionsauswertung

Prüfgeräte: Korrosionsprüfkammern, Klimakammern

*Methode:* Digitale Erfassung von Korrosionsschäden oder Korrosionserscheinungen mittels einer Linienscan Kamera

*Auswertung:* Filiformkorrosion nach ISO 21227-4 und DIN EN ISO 4628, Blasengrad (DIN EN ISO 4628-2), Rostgrad (DIN EN ISO 4628-3), Delamination und Korrosion ausgehend von einem Ritz (DIN EN ISO 4628-8), Kantenrost (DBL 10494-6), Gitterschnitt (DIN EN ISO 2409) und Multisteinschlag (ISO 20567-1)



## Verfahren zur Ritzanbringung

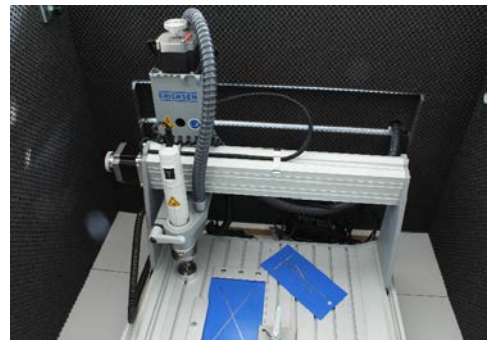
---

### Ritzanbringung für Korrosionsprüfungen

*Prüfgeräte:* Ritzstichel: Nach Sikkens, Clemen, van Laar; Ritzfräse

*Prüfnorm:* DIN EN ISO 12944-6

*Methode:* Ritzanbringung entsprechend der Korrosionsprüfvorschriften



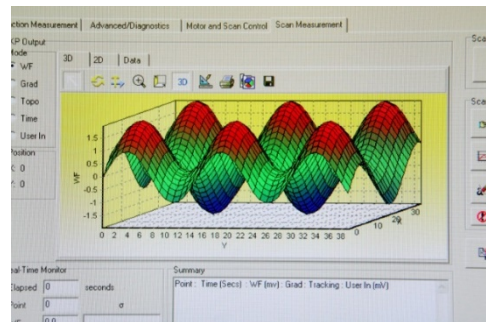
# Elektrochemische Methoden

## Raster-Kelvin-Sonde<sup>2</sup>

Ortsaufgelöste Beurteilung der Korrosionsstabilität von Substraten und deren Vorbehandlung

*Prüfgerät:* Raster-Kelvin-Sonde

*Auswertung:* Elektrochemisches Potenzial, Oberflächentopographie

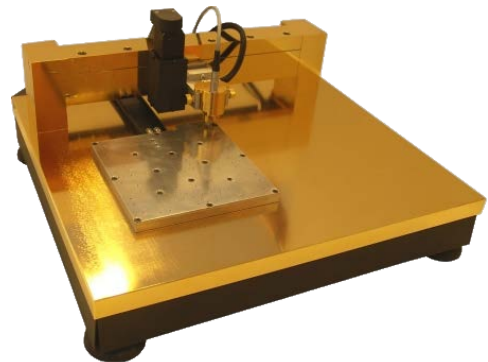


## Raster-Kelvin-Sonde mit topographischer Korrektur<sup>2</sup>

Ortsaufgelöste Beurteilung der Korrosionsstabilität und Delaminationsresistenz von beschichteten Substraten

*Prüfgerät:* Raster-Kelvin-Sonde mit topographischer Korrektur

*Auswertung:* Elektrochemisches Potenzial, Oberflächentopographie

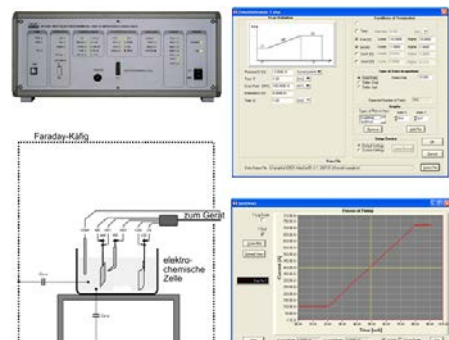


## Elektrochemische Workstation<sup>2,4</sup>

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, wie z.B. der Wasseraufnahme-Reversibilität (WAR)



## Schutzwirkung (FPL-Kurzzeittest)

### FPL-Kurzzeittest<sup>2</sup>

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



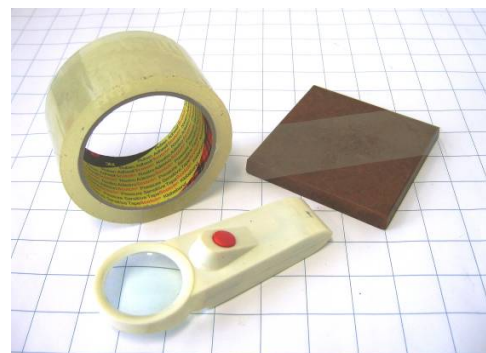
## Kreidungsgrad

### Bestimmung nach dem Klebebandverfahren<sup>2,5</sup>

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

*Prüfmittel:* Durchsichtiges Klebeband

*Auswertung:* Kreidungsgrad-Kennwert





## Bestimmung mit dem Kreidungsgerät<sup>2,5</sup>

*Prüfnorm:* DIN 53159

*Prüfgerät:* Kreidungsprüfgerät nach Kempf

*Auswertung:* Kreidungsgrad-Kennwert



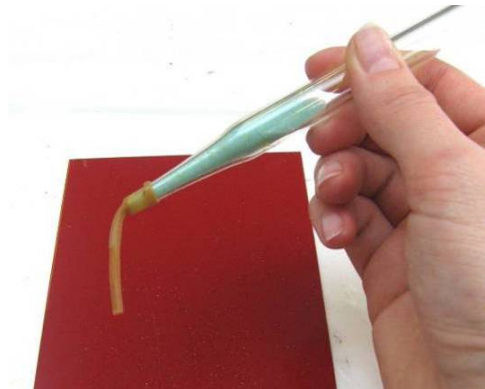
# Trockengrad

## Prüfung der Oberflächentrocknung nach dem Glasperlen-Verfahren<sup>2,5</sup>

*Prüfnorm:* DIN EN ISO 9117-3

*Prüfmittel:* Glasperlen („Ballotini“), Haarpinsel

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

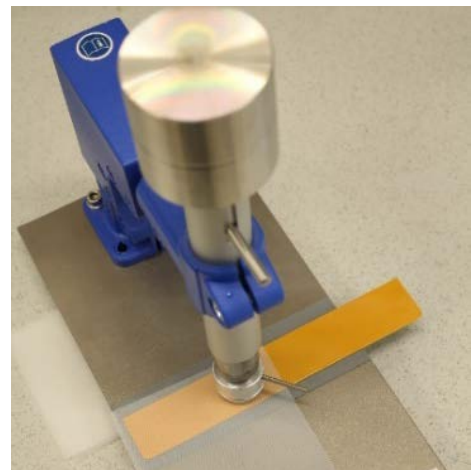


## Bestimmung des Trocknungszustandes, bei der die Beschichtungsfläche nicht mehr klebt oder eine sichtbare Veränderung nicht feststellbar ist<sup>2,5</sup>

*Prüfnorm:* Normenreihe DIN EN ISO 9117

*Prüfgerät:* Trockengrad-Prüfgerät nach Kempf oder Drying recorder

*Auswertung:* Trockengrad-Kennwert



# Stapelfähigkeit

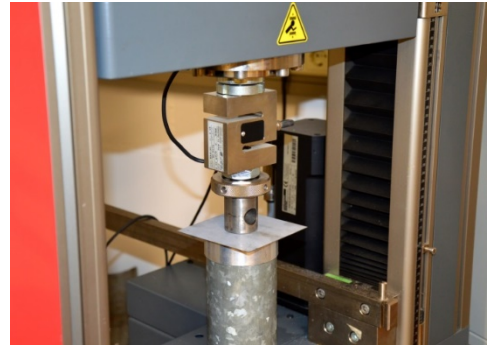
## Druckprüfung

Zwei aneinander gedrückte Probestreifen werden auf Oberflächenänderungen untersucht<sup>2</sup>

*Prüfnorm:* DIN EN ISO 9117-2

*Prüfgeräte:* Presse mit Drucküberwachung oder Gewichtstücken

*Auswertung:* Oberflächenschäden



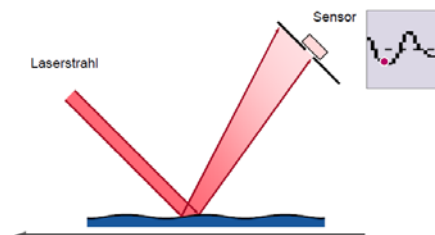
# Appearance

**Appearance ist der Oberbegriff für den Hochglanz, die Brillanz, den Verlauf und die Welligkeit von beschichteten Oberflächen<sup>2</sup>**

*Prüfgerät:* Byk wave scan dual

*Auswertung:* Welligkeitswerte, DOI, Dullness (Haze)

wave-scan: Messprinzip



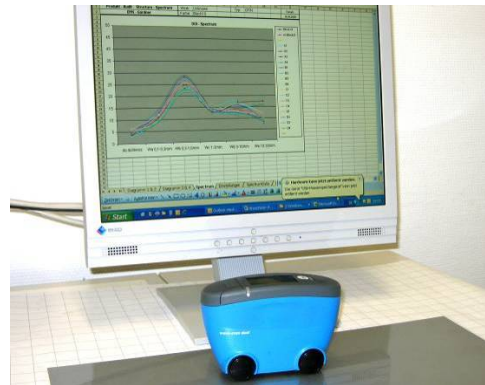
## Brillanz einer hochglänzenden Oberfläche

### Instrumentelle Messung der Oberflächen mit dem wave-scan dual<sup>2,5</sup>

*Prüfnorm:* ASTM D 5767

*Prüfgeräte:* wave-scan dual

*Auswertung:* DOI-Kennwert



## Glanz

### Glanzmessung

Bestimmung des Reflektometerwertes von Beschichtungen<sup>4,5</sup>

*Prüfnorm:* DIN EN ISO 2813

*Prüfgerät:* Glanzmessgerät Micro-Tri-Gloss

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



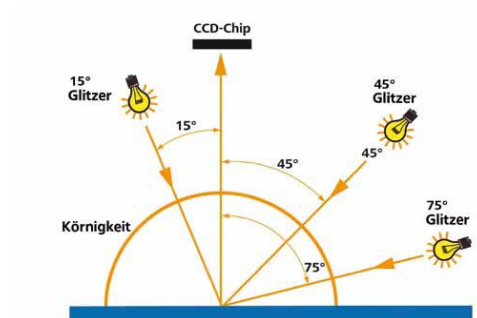
# Glitzer-Effekt

## Glitzer-Effekt von Metalleffekt (Metallic)-Beschichtungen Effektmessung von Effektlacken<sup>4</sup>

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

*Prüfgerät:* Mehrwinkelfarbmessgerät Byk mac, X-Rite

*Auswertung:* Farbabstände  $\Delta E$ ,  $\Delta L$ ,  $\Delta a$ ,  $\Delta b$ , Glitzer, „Körnigkeit“



# Glanzschleier / Haze

## Glanzschleierwert H<sup>2,5</sup>

Bestimmung des Glanzschleiers von Beschichtungen beim 20° Messwinkel

*Prüfnorm:* DIN EN ISO 13803

*Prüfgerät:* Glanzschleier-Messgerät Zehntner GlossHaze

*Auswertung:* Glanzschleierwert H



---

## Haze-gloss<sup>2</sup>

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

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

*Prüfgerät:* Byk Haze-gloss

*Auswertung:* Glanzeinheiten bei den verschiedenen Messwinkeln und Glanzschleier Haze



## Farbe bzw. Farbabweichung

---

### Bestimmung von Farbabständen und Metamerie<sup>5</sup>

*Prüfnormen:* DIN EN ISO 11664-4, DIN 6175, DIN 6172, DIN EN 13523-15

*Prüfgeräte:* Einwinkel- und Mehrwinkel-Farbmessgerät (Xrite + Byk Spectroguide)

*Auswertung:* Farbabstände  $\Delta E$ ,  $\Delta L$ ,  $\Delta a$ ,  $\Delta b$   
Metamerie-Index  $M_T$



## Berührungslose Farbmessung<sup>2</sup>

*Prüfgerät:* Rechnergesteuertes Teleflash-Farbmessgerät

*Auswertung:*  $\Delta L$  und  $\Delta E$ -Werte (mehrwinklig), gegen Schwarz/Weiß-Standard



## Farbarmusterungskabinen<sup>2,4,5</sup>

Visueller Vergleich der Farbe von Beschichtungen

*Prüfnorm:* DIN EN ISO 3668

*Prüfgerät:* Farbarmusterungskabine mit genormten Lichtarten (Byk Gardner, GretagMacbeth)

*Auswertung:* Visuelle Beurteilung



# Mehrwinkelfarbmessung bei Metallics / Effektlacken

## Mehrwinkelfarbmessung und Flop Index<sup>2,4,5</sup>

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

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



## Mehrwinkelfarbmessung<sup>2,4</sup>

*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-Farbeindrucks von Effektlacken; spektrale Auflösung 10nm im Bereich 400-700 nm

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



## Mehrwinkelfarbmessung<sup>4</sup>

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

*Auswertung:* Farbabstände  $\Delta E$ ,  $\Delta L$ ,  $\Delta a$ ,  $\Delta b$ , Flop Index





## Transparenz

---

### Transparenzmessung<sup>4</sup>

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

*Auswertung:* Farbabstände  $\Delta E$ ,  $\Delta L$ ,  $\Delta a$ ,  $\Delta b$ , Transparenz %, Metamerie-Index  $M_T$



## Transmission, Reflexion, Absorption / UV-Vis-NIR

---

### Bestimmung von UV-Vis-NIR-Transmission, Reflexion und Absorption von Beschichtungen<sup>4</sup>

*Prüfgerät:* UV-Vis-Spektrophotometer Lambda 900  
 $\lambda$ : 250 nm – 2500 nm

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



---

## Bestimmung des Brechungsindex an flüssigen und festen Proben

*Prüfgerät:* Automatisches Refraktometer Abbemat 300

*Prüfnormen:* DIN 51423-2

*Auswertung:* Brechungsindex bzw. Brechzahl



## Oberflächenrauheit und -welligkeit

---

### Mechanische Abtastung der Oberflächenrauheit mit dem Labor-Tastschnittprofilometer<sup>2,5,6</sup>

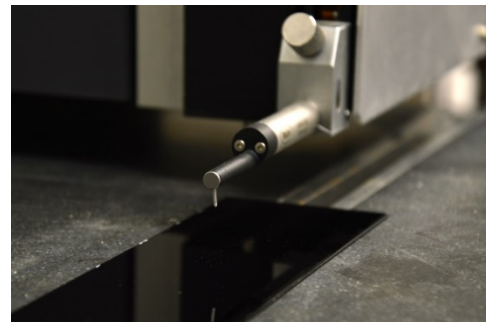
*Prüfnormen:* DIN EN ISO 4287, DIN EN ISO 4288, DIN EN ISO 13565, DIN EN ISO 8503-4, DIN EN ISO 11562

*Prüfgerät:* Tastschnitt-Messsystem Perthometer S2

*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<sup>2</sup>

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

*Prüfgerät:* Mobiles Tastschnittgerät

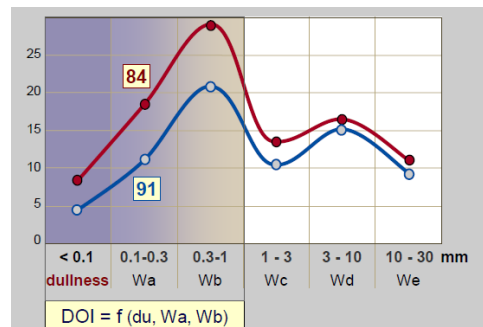
*Auswertung:* Rauigkeitskenngrößen  $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_{max}$



## Bestimmung des Oberflächenverlaufs (Orange-Peel) mit dem wave-scan<sup>2</sup>

*Prüfgerät:* Wave-Scan DOI

*Auswertung:* Welligkeitswerte, Strukturspektrum



## Schichtdicke

---

### Bestimmung der (Trocken)-Schichtdicke von Beschichtungen bzw. Lackierungen auf metallischem Untergrund mit dem Magnetisch/induktiven- bzw. Wirbelstromverfahren<sup>2, 5, 6</sup>

*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 [ $\mu\text{m}$ ]



### Bestimmung der Schichtdicke von Beschichtungen auf nicht-metallischem Untergrund mit dem Ultraschall-Verfahren<sup>2</sup>

*Prüfnormen:* DIN EN ISO 2178, DIN EN ISO 2360, DIN EN ISO 2808

*Prüfgerät:* Ultraschall-Schichtdickenmessgerät

*Auswertung:* Schichtdicke [ $\mu\text{m}$ ]



## Folienschichtdicke<sup>2,4</sup>

*Prüfgerät:* Folienschichtdickenmessgerät (ATORN)

*Auswertung:* Schichtdicke [ $\mu\text{m}$ ]



## Messung der Schichtdickenverteilung<sup>6</sup>

*Prüfgerät:* Fraunhofer-IPA-Schichtdickenmesstisch

*Auswertung:* Schichtdickenverteilung [ $\mu\text{m}$ ]

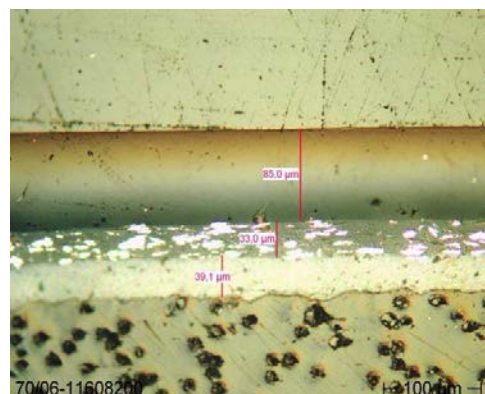


## Mikroskopische Messung mit dem Querschliff-Verfahren<sup>1,2,5</sup>

*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 [ $\mu\text{m}$ ]



## Messung mit dem Keilschnitt-Verfahren<sup>2</sup>

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

*Prüfgerät:* Keilschnitt-Prüfgerät (Erichsen; Byk-Labotron)

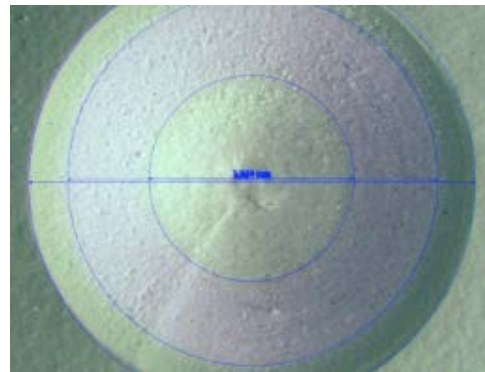
*Auswertung:* Schichtdicke [ $\mu\text{m}$ ]



## Messung mit dem Paintborer<sup>2</sup>

*Prüfgeräte:* Keilschnittgerät und Lichtmikroskop

*Auswertung:* Schichtaufbau, Schichtdicke [ $\mu\text{m}$ ]



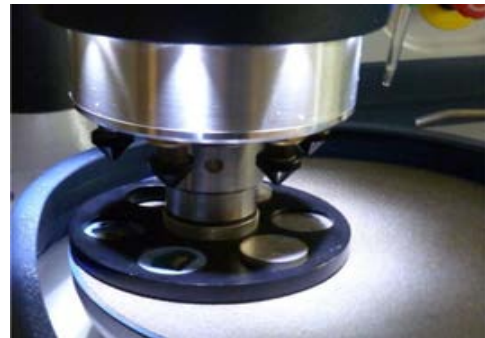
# Schichtaufbau / Schichtanalyse

## Anfertigung von Querschliff-Proben<sup>1,2</sup>

*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 dem REM; Schichtaufbau

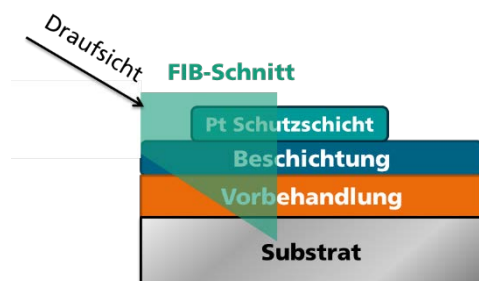
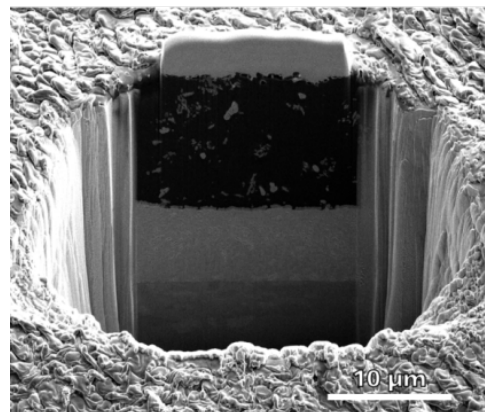


## Querschnitt-Verfahren mit FIB-REM<sup>2</sup>

*Prüfgerät:* Helios Nano-Lab Rasterelektronenmikroskop

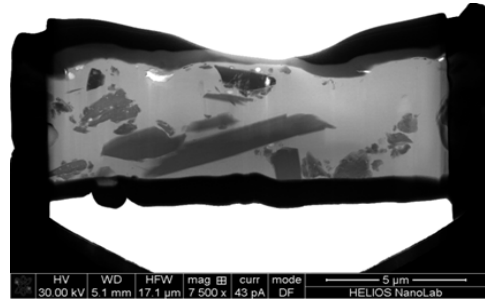
*Methode:* In situ-Erstellung von Querschnitten mit dem FIB (Focused Ion Beam) und Untersuchung mit REM und EDX

*Auswertung:* Schichtaufbau, Schichtdicke [ $\mu\text{m}$ ], (Partikel-) Pigmentgröße und -verteilung, Elementverteilung



## Raster-Transmissionselektronenmikroskopie (STEM)-Präparation von Filmausschnitten (Lamellen) mit FIB und Untersuchung der Lamellen mit STEM/EDX<sup>2</sup>

*Prüfgerät:* Helios Nano-Lab Rasterelektronenmikroskop mit STEM/EDX



## Hochaufgelöste Rasterelektronenmikroskopie-Energiedispersive Röntgenspektroskopie (REM-EDX)<sup>2</sup>

*Prüfgerät:* Helios Nano-Lab Rasterelektronenmikroskop

*Auswertung:* Schichtaufbau, Elementzusammensetzung von Schichten und Partikeln



## Infrarotmikroskopie<sup>1</sup>

*Prüfgerät:* Spotlight 200

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

*Auswertung:* Schichtanalyse, Detektion von Lackfehlern, Inhomogenitäten, Einschlüssen

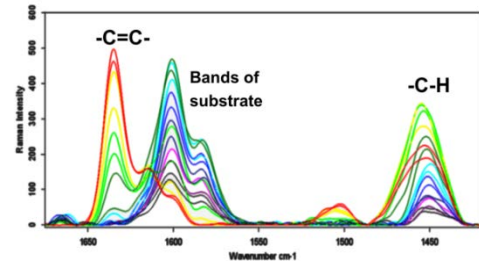




## Konfokale Ramanspektroskopie<sup>2</sup>

*Prüfgerät:* Bruker Senterra

*Auswertung:* Analyse von transparenten Schichten



## Wasserdampf- und Sauerstoffpermeation / Barrierewirkung

### Sauerstoffpermeabilität von Folien und freien Beschichtungsfilmen<sup>2</sup>

*Prüfgerät:* Sauerstoffpermeationsmessgerät

*Auswertung:* Permeabilität gegenüber  
Sauerstoff [ $\text{cm}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ ]



---

## Wasserdampfpermeabilität von Folien und freien Beschichtungsfilmen<sup>2</sup>

*Prüfgerät:* Wasserdampfpermeationsmessgerät

*Auswertung:* Permeabilität gegenüber Wasserdampf in  $\text{ml/m}^2\cdot\text{d}$



---

## Wasserdampfpermeationsrate von Folien und freien Beschichtungsfilmen<sup>2</sup>

*Prüfnorm:* DIN 53122-1

*Prüfgerät:* Payne-Cup

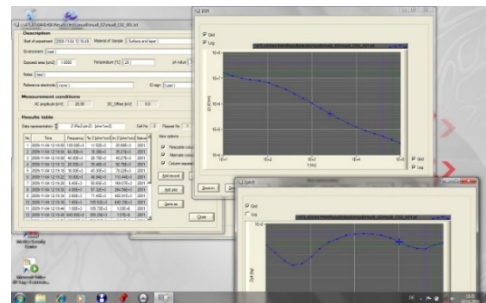
*Auswertung:* Wasserdampfpermeationsrate  $[\text{g/m}^2/\text{d}]$



## Bestimmung der Wasseraufnahme, Delaminations- und Unterwanderungsresistenz von Beschichtungen mit der elektrochemischen Impedanzspektroskopie (EIS)<sup>2</sup>

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

*Auswertung:* EIS-Daten



## Wasserdampfdiffusionsstromdichte bei Baufarben/Dispersionsfarben<sup>2</sup>

*Prüfnorm:* DIN EN ISO 7783

*Prüfgerät:* Glasfritten, Kunststoffdosen, Kunstkautschuk zum Abdichten

*Auswertung:* Sd-Wert, V



## Wasserdurchlässigkeit bei Baufarben<sup>2</sup>

*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<sup>4</sup>

*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 Beschichtungstoff nach dem Mischen zu verarbeiten ist<sup>2,5</sup>**

*Prüfnorm:* DIN EN ISO 9514

*Prüfmittel:* Behälter, Auslaufbecher, Thermometer, Stoppuhr

*Auswertung:* Verarbeitungszeit/Topfzeit  $t$  [min]



## Staubemission / Staubbelastung in der Abluft

**Gravimetrische Erfassung der Staubbelastung in einem Abluftstrom, Messmethodik: Isokinetisch**

*Prüfnorm:* VDI 2066 Blatt I

*Prüfgerät:* Entnahmesonde, Staudrucksonde, Unterdruckpumpe, Auswerteeinheit, Temperaturfühler, Stoppuhr, Filter, Waage

*Auswertung:* Masse der Staubbelastung (Differenzmessung), Druck, Dichte, Temperatur und Feuchtegehalt der Luft



# Luftströmung

---

## Messung der Luftsink- und Strömungsgeschwindigkeit mit dem thermoelektrischen Verfahren<sup>5</sup>

*Prüfgerät:* Thermo- und Flügelradanemometer

*Auswertung:* Luftströmung [m/s]



---

## Aufspüren und Lokalisieren von Luftströmungen<sup>5,6,7</sup>

*Prüfgerät:* Dräger Strömungsprüfer

*Auswertung:* Feststellung von Luftstromrichtungen



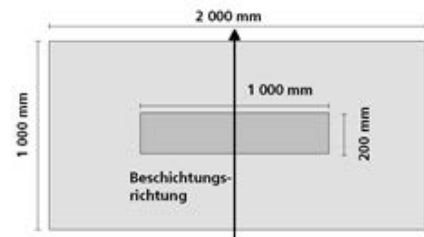
## Auftragswirkungsgrad von Flüssig- und Pulverlacken

### Ermittlung der versprühten Lackmenge<sup>6</sup> durch Bestimmung der Massenzunahme des Substrats bei der Beschichtung.

*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<sup>2,5</sup>

*Prüfnorm:* DIN EN ISO 4618, DIN EN ISO 3233-2, DIN EN ISO 55987

*Prüfgeräte:* Spektrophotometer, Lackapplikationsgerät, Analysenwaage, Kontrastuntergrund

*Auswertung:* Ergiebigkeit [ $\text{m}^2/\text{l}$ ] oder [ $\text{m}^2/\text{kg}$ ], Trockenfilmdichte, Festkörpervolumen, Berechnung der theoretischen Ergiebigkeit



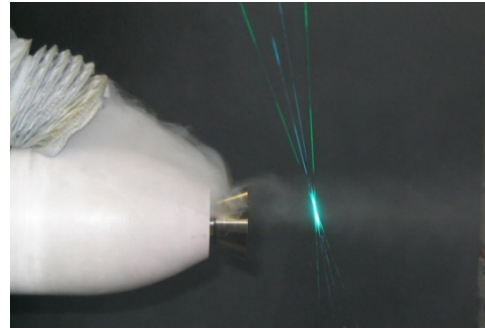


## Sprühwolkenanalyse

### Strömungssichtbarmachung mit dem Laserlichtschnitt-Verfahren<sup>6</sup>

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

*Auswertung:* Visuelle Beurteilung des Sprühbildes



### Hochgeschwindigkeitskamera<sup>6</sup> zur Beobachtung von Lackierprozessen (Zerstäubung, oversprayfreies Beschichten, Lacktropfenaufprall, ...)

*Prüfgerät:* Hochgeschwindigkeitskamera; verschiedene lichtstarke Beleuchtungen

*Auswertung/Ergebnis:* Hohe räumliche Auflösung: bis zu 1,5 µm; hohe zeitliche Auflösung: bis zu 64.000 Bilder pro Sekunde; Auswertemöglichkeiten zur Tropfengrößen- und -geschwindigkeitsbestimmung



### Sichtbarmachung von Luftströmungen<sup>6</sup>

*Prüfgerät:* Nebelgenerator

*Auswertung:* Visuell



## Sichtbarmachung und Temperaturverteilung des Sprühstrahls mit dem Thermografie-Verfahren<sup>5</sup>

*Prüfgerät:* Thermokamera

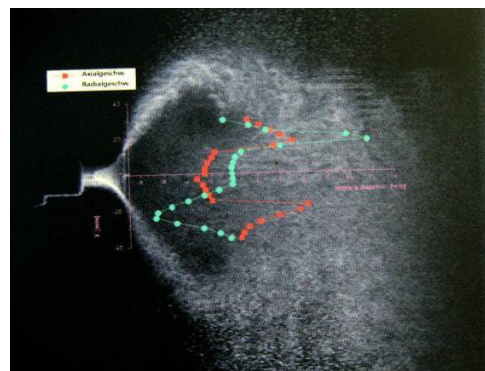
*Auswertung:* Thermografische Bilder bzw. Filme



## Messung der lokalen Partikelgröße und -geschwindigkeit mittels Laser-Doppler- und Phasen Doppler-Anemometrie<sup>6</sup>

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

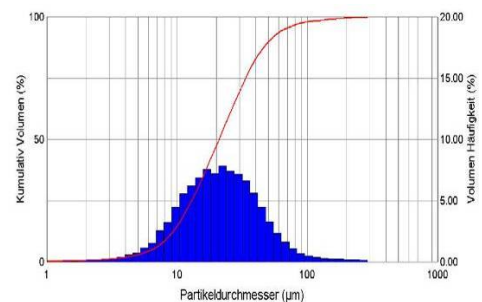
*Auswertung:* Axial- und Vertikalgeschwindigkeit [m/s]  
Partikelgröße [ $\mu\text{m}$ ]



## Messung der Lackpartikelgröße im Sprühstrahl mit der Laserbeugungs-Methode<sup>6</sup>

*Prüfgerät:* Fraunhofer-Beugungsspektrometer

*Auswertung:* Lackpartikelgröße und -verteilung



## Untersuchung von Lackapplikations- und Lackversorgungskomponenten

---

### Bestimmen der Drehzahl<sup>6</sup>

*Prüfgerät:* Elektronisches digitales Messgerät für Drehzahl und Geschwindigkeit

*Auswertung:* Umdrehungen pro Minute



### Bestimmung von Geschwindigkeiten und Positionen<sup>6</sup>

*Prüfgerät:* Geschwindigkeits- und Positionssensor

*Auswertung:* Geschwindigkeit bzw. Position [V]



## Bestimmen des Luftvolumenstroms<sup>6</sup>

*Prüfgerät:* Durchflusssensor, Hitzdrahtanemometer

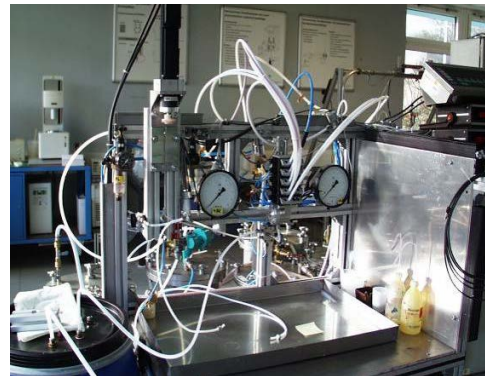
*Auswertung:* Luftdurchfluss [NL/min];  
Datenaufzeichnung z.B. über Primas



## Bestimmung der Einflüsse von Lackversorgungs-Komponenten auf die Material- und Verarbeitungs-eigenschaften eines Lackes<sup>6</sup>

*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<sup>6</sup>

*Prüfgerät:* Druckmessumformer

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



---

## Bestimmen von Drücken in Rohrleitungen oder Schläuchen<sup>6</sup>

*Prüfgerät:* Keller LEX 1 Manometer

*Auswertung:* Druck [bar]



## Bestimmung des Volumenstroms in Rohrleitungen oder Schläuchen<sup>6</sup>

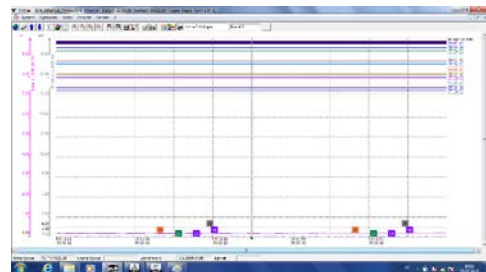
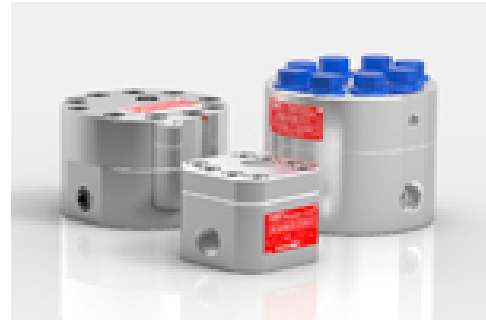
*Prüfgerät:* Zahnrad-Durchflussmessgeber

*Auswertung:* 4 – 20 mA

Datenaufzeichnung 0 – 10 V, 4 – 20 mA

*Prüfgerät:* Primas

*Auswertung:* Aufzeichnung von Messwerten



## Untersuchung der Ringleitungsstabilität eines Lacksystems<sup>6</sup>

*Prüfgerät:* Fraunhofer-Modellringleitung mit einem molchbaren Online-Viskosimeter

*Auswertung:* Änderungen der Lackmaterialeigenschaft



## Messung von Körperschall<sup>6</sup>

*Prüfgerät:* Körperschallsensor

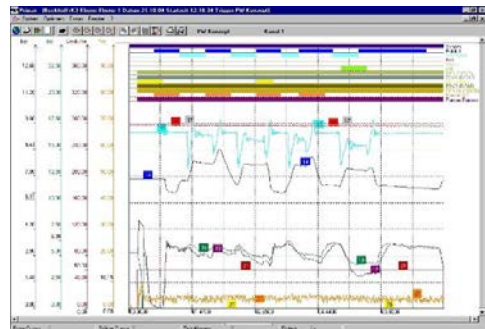
*Auswertung:* Oszilloskop mit FFT Funktion



## Bestimmung der Spülbarkeit und Dosiergenauigkeit von Lackapplikationskomponenten<sup>6</sup>

*Prüfgerät:* Fraunhofer-Komponentenprüfstand

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



## Prüfung von Sprüngeräten für Flüssig- und Pulverlacke mittels Bestimmung der Reproduzierbarkeit des statischen und dynamischen Spritzbildes<sup>6</sup>

*Prüfgerät:* Fraunhofer IPA-Schichtdickenmesstisch

*Auswertung:* Aussehen und Schichtdickenverteilung des Spritzbildes



## Messung von Hochspannung, Glockendrehzahl, Luftmengen zur Überprüfung von Zerstäubern<sup>6</sup>

*Prüfmittel:* Drehzahlmessgerät, Hochspannungslanze, Luftmengenmessgerät

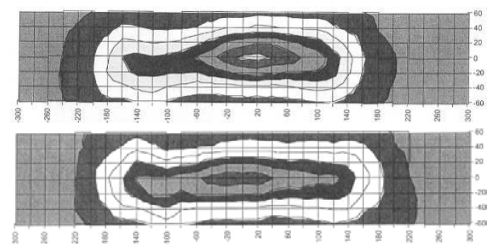
*Auswertung:* Abgleich mit den Sollvorgaben



## Prüfung der Zerstäuberqualität mittels Bestimmung der Symmetrie des Spritzbildes durch Messung der Druckverteilung der Spritzluft<sup>6</sup>

*Prüfgerät:* Luftkappe-Prüfstand mit Pitot-Sonden

*Auswertung:* Visuelle Beurteilung des Spritzbildes [gut/schlecht]





## Lacktrocknung / -härtung

---

### Berührungslose Temperaturmessung mit dem Infrarot-Verfahren<sup>2,5</sup>

*Prüfgerät:* IR-Thermometer

*Auswertung:* Temperatur T [°C]



### Bestimmung des Objekttemperaturverlaufes mit dem Temperaturfühler<sup>2,5</sup>

*Prüfgerät:* Ofenschreiber

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



---

## Visualisierung und Bestimmung des Temperaturverlaufs von Trocknungs- und Härtingsprozessen<sup>2,5</sup>

*Prüfgerät:* Thermokamera

*Auswertung:* Thermografische Bilder bzw. Filme



---

## Prüfung der Oberflächentrocknung nach dem Glasperlen-Verfahren<sup>2,5</sup>

*Prüfnorm:* DIN EN ISO 9117-3

*Prüfmittel:* Glasperlen („Ballotini“), Haarpinsel

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



---

## Prüfung der Trocknungs- und Alterungseigenschaften von Lacken<sup>2</sup>

*Prüfgeräte:* Einbrennofen für Coil Coating-Beschichtungen

Temperaturbereich: 50 – 350 °C



## Konditionierung und Lagerung von lackierten Proben unter definierten Temperatur- und Feuchte-Bedingungen<sup>2</sup>

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



## Härtung von UV-Lacken und UV-härtenden Druckfarben<sup>1,2</sup>

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



## Lichtleistungsmessgeräte

### Laserstrahlungsleistungsmessgerät<sup>4</sup>

*Prüfgerät:* Fieldmaster GS, LM45HTD (Coherent),  $\lambda$ : 250 nm – 10600 nm

*Auswertung:* Leistung [W/cm<sup>2</sup>], Puls-Energiedichte [J/cm<sup>2</sup>]



## Messung der UV-Strahlungsleistung<sup>2,5</sup>

Zeitliche Aufzeichnung der UV-Strahlungsleistung simultan an mehreren Stellen eines 3D-Bauteils

*Prüfgerät:* UV-Radiometer

*Auswertung:* UV-Bestrahlungsstärke [ $\text{W}/\text{cm}^2$ ], UV-Energiedichte [ $\text{J}/\text{cm}^2$ ]



## UV-Leistungsmessgerät (u.a. zur Prüfung der UV-Dosis bei UV-Härtung)<sup>2</sup>

*Prüfgerät:* UMD-2 (eta plus; Metz Holding),  $\lambda$ : 210 nm – 380 nm

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



## Messung der Beleuchtungsstärke<sup>5</sup>

*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<sup>6</sup>

*Prüfgerät:* UV-Radiometer

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

**UV-Pad**



## Materialvolumenstrom

### Messung der Masse pro Zeiteinheit eines strömenden Mediums<sup>6</sup>

*Prüfgerät:* Magnetisch-Induktives Durchflussmessgerät

*Auswertung:* Materialvolumenstrom [ml/min]



## Luftfeuchtigkeit und Temperatur der Umgebung

### Zeitliche Aufzeichnung von Klimadaten<sup>2,5</sup>

*Prüfgerät:* Klimaschreiber; Präzisions-Temperatur- und Feuchtemessgerät

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



### Bestimmung der Temperatur, Luftfeuchte, Taupunkt, Luftgeschwindigkeit, Luftdruck, Differenzdruck<sup>5, 6</sup>

*Prüfgerät:* Multifunktions-Lüftungsmessgerät

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



## Elektrische Feldstärke

### Bestimmung der elektrischen Feldstärke<sup>7</sup>

*Prüfgerät:* Feldstärkemessgerät

*Auswertung:* Elektrische Feldstärke  $E$  [V/m]



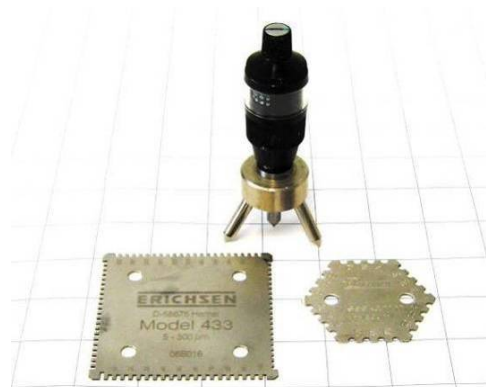
## Schichtdicke des nicht ausgehärteten Lackes

### Bestimmung der Nassschichtdicke<sup>2</sup>

*Prüfnorm:* EN ISO 2808

*Prüfgeräte:* Messkamm oder Messrad oder Messuhr

*Auswertung:* Nassschichtdicke  $t_w$  [ $\mu\text{m}$ ]



# Test auf lackbenetzungsstörende Substanzen (LABS)

**LABS** auch bezeichnet als: „Prüfung auf Lackverträglichkeit“ oder „Lackverträglichkeitsuntersuchungen“<sup>2,6</sup>

*Prüfungsinhalt:* **Kontamination** des Substrates, des flüssigen Lackes oder der noch nassen Lackschicht mit den zu prüfenden Substanzen (u.a. Betriebsstoffe). Untersuchung auf **Krater und Benetzungs- oder Verlaufsstörungen** der gehärteten Lackschicht.

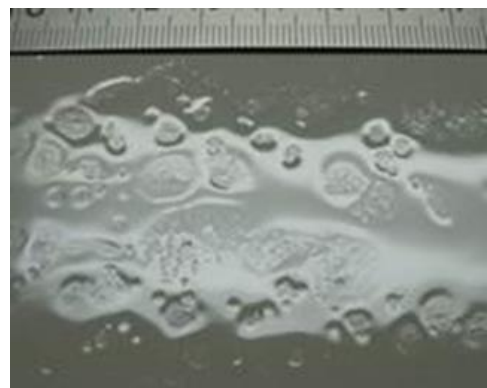
*Methoden:*

- Überlackieren des Abriebs von Bauteilen
- Extraktion von Stoffen aus Materialproben bzw. aus Bauteilen mittels geeigneter Lösemittel mit anschließendem Überlackieren der auf Probenbleche aufgetragenen Rückstände
- Abblasen der Prüfteile auf ein Testsubstrat und Überlackierung
- Einbringen flüssiger und pastöser Proben in die Lackmaterialien und Auflackieren der kontaminierten Lacke
- Ausgasungstest für Produkte, die bei höherer Temperatur Substanzen emittieren können



*Auswertung:* Die Bewertung erfolgt visuell nach Trocknung der Lackschicht

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



*Prüfnormen:*

- SAA NA-01.1, Durchführung in Anlehnung an das VDMA Einheitsblatt 24364, Mai 2018
- Diverse Werksnormen wie die Mercedes-Benz Werksnorm MBN 10494-3 oder die VW-Konzernnorm PV 3.10.7
- LPV 0700.99000





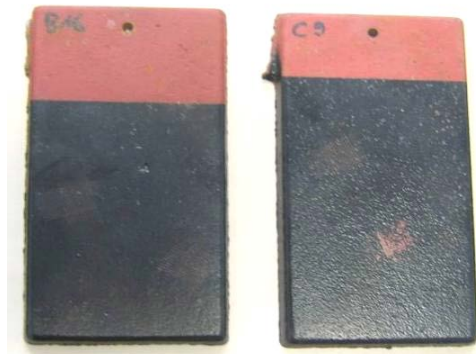
## Überlackierbarkeit von Beschichtungen

### Überlackierung von ungealterten ein- oder mehrschichtigen Beschichtungen. Danach Prüfung auf Oberflächenstörungen<sup>2</sup>

*Prüfnorm:* DIN EN ISO 16927

*Prüfgeräte:* Spritzpistole, Rakel, Gitterschnittmesser

*Auswertung:* Visuell, Lackhaftung



## Elektrotauchlackierungen

### Abscheidung und Prüfung von Elektrotauchlacken (ATL und KTL)<sup>2</sup>

*Methode:* Beschichten von Testblechen mit KTL-Materialien  
Einbrennen der abgeschiedenen KTL-Filme

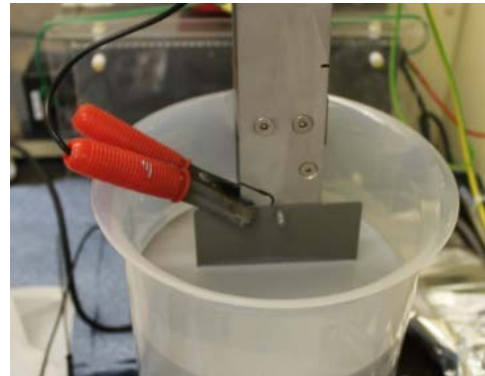


## Prüfung der Verträglichkeit von Fremdsubstanzen mit Elektrotauchlacken (ATL und KTL)<sup>2</sup>

*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

## Schallmessung<sup>5</sup>

*Prüfnormen:* ASTM D 1391, ASTM E 544

*Prüfgerät:* Schallpegel-Messgerät

*Auswertung:* Schallpegelwert [dB]



# Abluft-Inhaltsstoffe

## Bestimmung der Partikelbelastung von Abluftanlagen<sup>5</sup>

*Prüfnorm:* VDI Richtlinie 2066 Blatt 1

*Prüfgerät:* Abluft-Partikelmessgerät

*Messgröße:* Festkörpergehalt in der Abluft [mg/Nm<sup>3</sup>]



## Wärme

---

### Lokalisierung und Bewertung der Wärmeentwicklung und des Wärmeverlustes von Geräten und Anlagen<sup>5</sup>

*Prüfgerät:* Thermokamera

*Auswertung:* Thermografische Bilder bzw. Filme



## Lösemittelkonzentration

---

### Bestimmung der Gesamtkohlenstoffkonzentrationen in der Abluft<sup>5</sup>

*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 in nach folgende 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 Bewitterungs-Eigenschaften 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 niedrige Objekttemperatur, 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 bzw. Härtung

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.

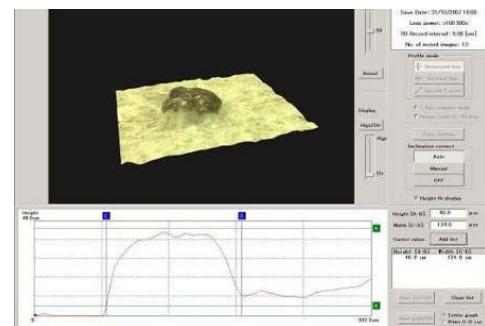
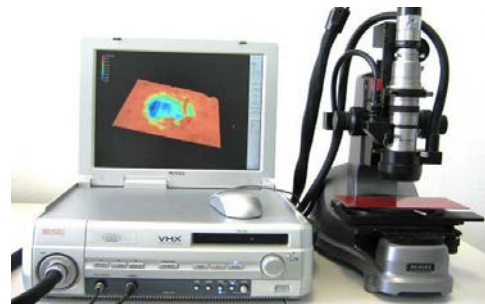


# Mikroskopische Verfahren

## 3D-Darstellung und Messung von Lackierfehlern mit dem Digitalmikroskop<sup>2,5</sup>

*Prüfgerät:* Mobiles Digitalmikroskop mit bis zu 5000-facher Vergrößerung  
 Zeiss Universalmikroskop  
 Zeiss Axioscop 7  
 Olympus BX61  
 Wild Makroskop M400  
 Keyence Digitalmikroskope

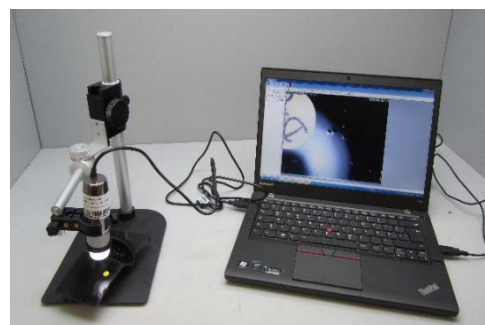
*Auswertung:* Lackfilmfehlerart, -form, -größe, -anzahl und -verteilung



## Identifizierung und Ausmessung von Lackierfehlern mit dem USB-Digitalmikroskop für den mobilen Einsatz<sup>2,5</sup>

*Prüfgerät:* Digitalmikroskop mit LED-Ringlicht bis zu 250-facher Vergrößerung

*Auswertung:* Lackfilmfehlerart, -form, -größe, -anzahl und -verteilung



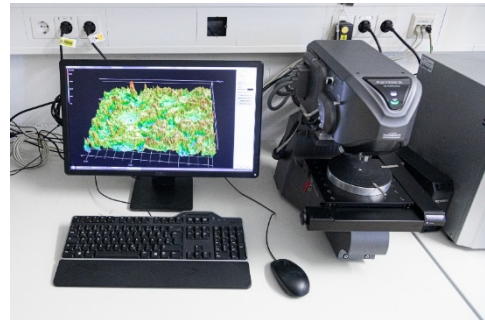
## Berührungslose Erfassung der Oberflächenrauheit und der Oberflächentopographie mittels der Laser-Scanning-Mikroskopie.

Mithilfe der LSM werden durch die Kombination von Farbbild und hochaufgelöster Laser-Topographiemessung ein hochdetailliertes 3D-Abbild des Messobjekts erzeugt<sup>4</sup>

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

*Prüfgerät:* Keyence VK-X250/X150

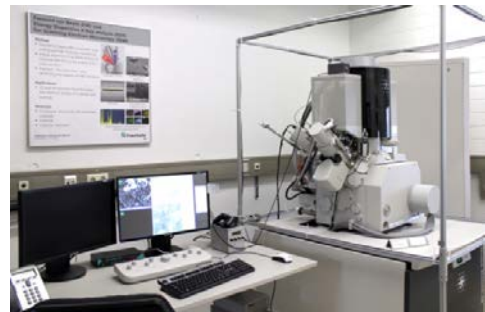
*Auswertung:* 3D-Oberflächencharakterisierung, Rauheitskenngrößen für 1D:  $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_{max}$ ; Rauheitskenngrößen für 2D:  $SR_a$ ,  $SR_z$ ,  $SR_{max}$



## Vergrößerte Darstellung von Lackierfehlern mit dem Rasterelektronenmikroskop (REM); Bestimmung des Fehlerortes und Elementanalyse mit EDX-Mapping<sup>2</sup>

*Prüfgerät:* REM Helios Nano-Lab

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

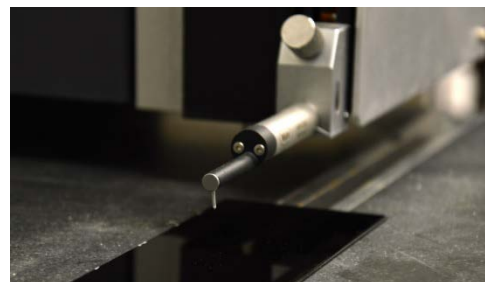


## Mechanische Abtastung der Oberflächenrauheit mit dem Labor-Tastschnittprofilometer<sup>2,5,6</sup>

*Prüfnormen:* DIN EN ISO 4287, DIN EN ISO 4288, DIN EN ISO 13565, DIN EN ISO 8503-4, DIN EN ISO 11562

*Prüfgerät:* Tastschnitt-Messsystem Perthometer S2

*Auswertung:* Rauheitskenngrößen  $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_{max}$   
Wellentiefe  $W_t$   
Welligkeitskenngrößen  $W_a$  bis  $W_e$



---

## Mikroskopische Untersuchung von Lackierfehlern nach Schichtabtrag mit dem Mikrotomschnitt-Verfahren und anschließende Analyse der Filmabschnitte und freigelegten Oberflächen<sup>1,2</sup>

*Prüfgeräte:* Mehrere Mikrotomschnittgeräte, Durchlichtmikroskop-/ Auflichtmikroskop und IR und REM-EDX

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



---

## Analyse von Lackoberflächen und Beschichtungen mit der Infrarotmikroskopie<sup>1</sup>

*Prüfgerät:* Spotlight 200

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

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

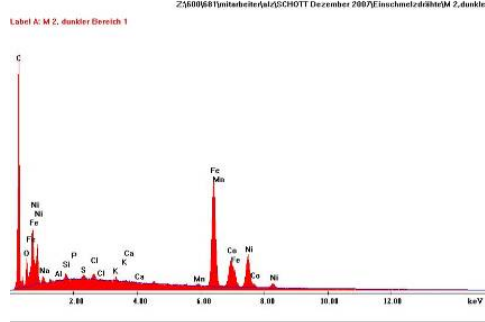
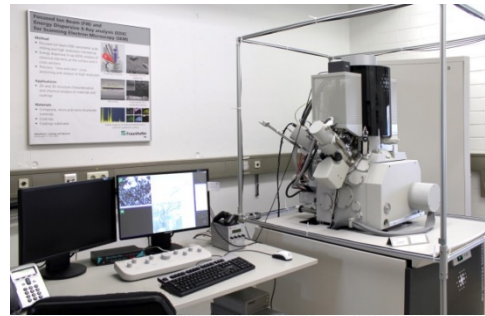


# Chemische Analyse

## Elementzusammensetzung und Elementverteilung der Oberfläche mittels energiedispersiver Röntgenanalyse (EDX)<sup>2</sup>

*Prüfgerät:* Rasterelektronenmikroskop mit EDX-Analysensystem (REM/EDX)

*Auswertung:* Element-Gew. [%]  
Atom-Gew. [%]



## Infrarotspektroskopie

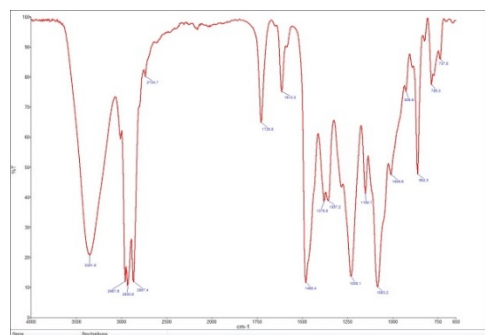
Bestimmung organischer Oberflächenrückstände wie Öle, Fette, Silikone etc. mittels Infrarotspektroskopie (IR)<sup>1,6</sup>

*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  $\nu$  [ $\text{cm}^{-1}$ ]



---

## Qualitative und quantitative Bestimmung von Anionen, Tensiden, Komplexbildnern, Carbonsäuren, Alkali- und Erdalkalimetalle<sup>1</sup>

*Prüfgerät:* Ionenchromatograph (IC)

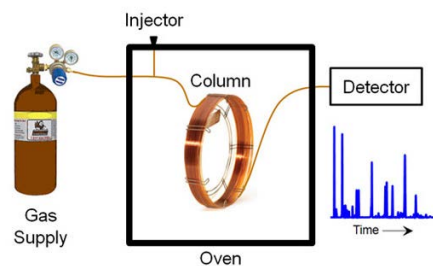
*Auswertung:* Gehalt [ $\mu\text{g}$ ] [mg]

---

## Qualitative und quantitative Bestimmung von flüchtigen organischen Substanzen aus Lacken, Beschichtungen u.a. Materialien mittels Gaschromatographie mit Massenspektrometrie (GC-MS)<sup>1</sup>

*Prüfgerät:* Gaschromatograph (GC) gekoppelt mit Massenspektrometrie (MS)

*Auswertung:* Chromatogramm  
Substanzart und -menge



---

## Chemische Identifizierung unbekannter Substanzen mittels Massenspektrometrie (MS)<sup>1</sup>

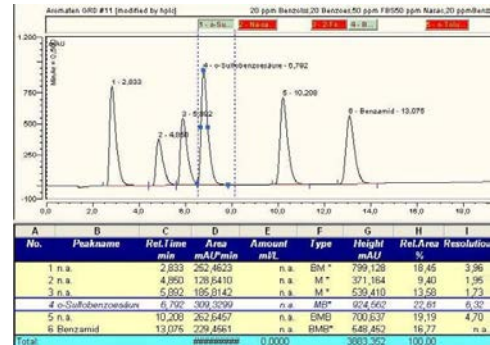
*Prüfgerät:* Massenspektrometer (MS)

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

## Qualitative und quantitative Bestimmung von gelösten organischen Substanzen<sup>1</sup>

*Prüfgerät:* Hochdruckflüssigkeits-Chromatograph (HPLC)

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



## Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA)<sup>5</sup>

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)

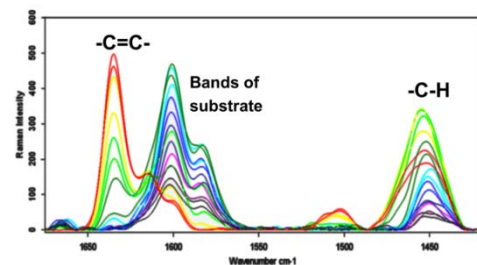
*Auswertung:* RFA-Spektrum

## Konfokale Ramanspektroskopie<sup>2</sup>

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



---

## Elementaranalyse<sup>1</sup>

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 [%]



---

## Elektronenspektroskopie für die chemische Analyse (ESCA) bzw. Photoelektronen-Spektroskopie (XPS)<sup>1</sup>

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-SIMS<sup>2</sup> (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 Mikrowellenaufheizung<sup>1</sup>

*Prüfgerät:* Mikrowellendruckaufschluss-Gerät  
Discover SP-D

*Methode:* Druck und Mikrowellenaufheizung



---

## Bestimmung der Formaldehyd-Emission einer Probe auf Basis der Hantzsch-Reaktion<sup>1</sup>

*Prüfmittel:* Spektralphotometer, Prüflösung

*Auswertung:* Formaldehyd-Emission der Probe





## Physikalische Prüfmethoden

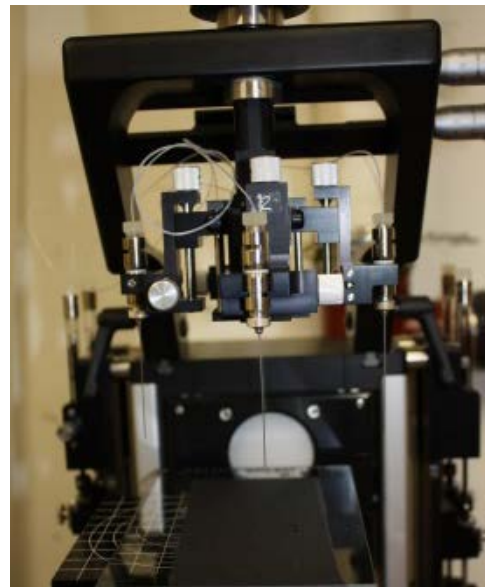
### Bestimmung der Benetzung von Oberflächen mittels Kontaktwinkel-Methode<sup>1,2</sup>

*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]



### Koronabehandlung zur Verbesserung der Haftung von Beschichtungen auf Kunststoffen<sup>1</sup>

*Prüfgerät:* Arcotec-HF-Corona-Behandlungsanlage mit Handroller

*Methode:* Durch die Hochspannung aktivierte Moleküle und Atome in der Entladungszone werden auf den (unpolaren) Kunststoffen polare Oberflächen erzeugt. Dies führt zu einer höheren Oberflächenenergie und damit zu einer besseren Benetzung von Lacken.



## Bestimmung der Oberflächenenergie mittels des Benetzungsverhalten verschiedener Testflüssigkeiten<sup>2,5</sup> (Union Carbide Methode)

*Prüfmittel:* Testtinten, Teststifte

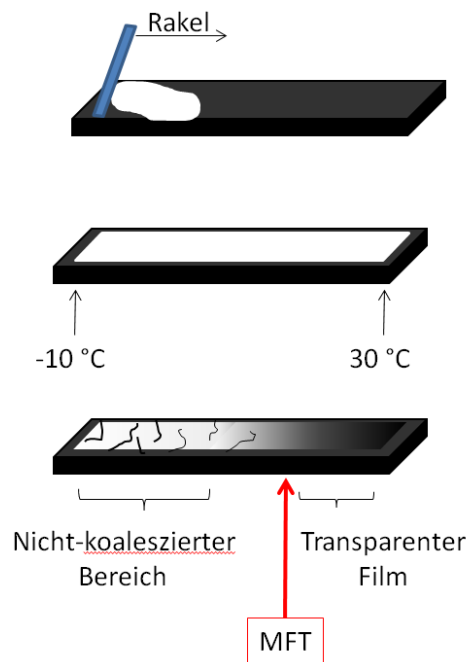
*Auswertung:* Oberflächenspannung/-energie [mN/m]



## Messung der Mindestfilmbildetemperatur (MFT) von Dispersionslacken, Dispersionsfarben und wasserverdünnbaren Bindemittel-Dispersionen<sup>2</sup>

*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<sup>1,2</sup>

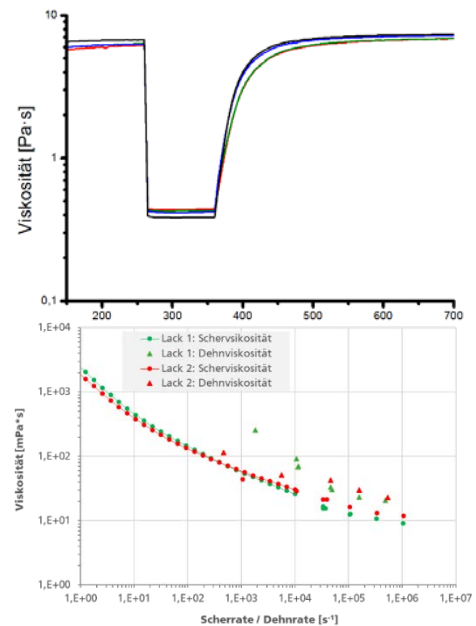
Bestimmung der Viskosität im Hochscherbereich mittels **Kapillarviskosimetrie**

*Prüfgeräte:* Rotationsviskosimeter, Scherratenbereich bis  $10^4 \text{ s}^{-1}$

Hochdruck-Doppelkapillar-Rheometer, Scherratenbereich bis  $10^6 \text{ s}^{-1}$

*Methode:* Rotations- und Oszillationsmodus; Sprung-Versuche; Hochdruckkapillarmessungen

*Auswertung:* Viskosität, Fließgrenze, Speicher- und Verlustmodul ( $G'$  und  $G''$ ), Dehnviskosität, etc.



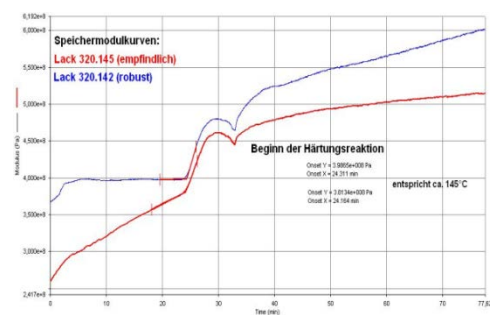
## Bestimmung der thermomechanischen Eigenschaften von organischen Beschichtungen, Kunststoffen (dynamisch-mechanische Analyse)<sup>1</sup>

*Prüfnorm:* DIN EN ISO 6721-1

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

*Methoden:* Zug-, Druck-Belastung, 3-Punkt-Biegung, Dual-Cantilever, Single-Cantilever, Scherung, Penetration

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



## Beständigkeit gegen Chemikalien

Einwirkung von Prüfchemikalien auf die Beschichtung nach definierter Zeit und Temperatur <sup>2,5</sup>

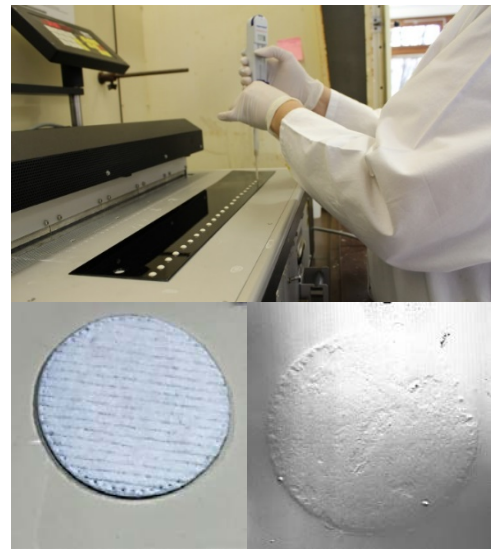
*Prüfnormen:* DIN EN ISO 2812-1,-2,-3,-4, -5, VDA 621-412, Automobil-Werksnormen (z.B. MBN 10494-7, TL 211)

*Prüfmittel:* Laborglasware, Abdichtmasse, Wärmeschrank, Mechanische Einkanalpipette (Eppendorf); Gradientenofen

*Methoden:* Einwirkung von Prüfchemikalien bei konstanter Temperatur (Tropfen, Tauchen, getränktes Pad,..) und Bewertung der Schädigung, Beständigkeit gegenüber Grafitti und Grafittientfernungsmittel

Bestimmung des Einflusses der Temperatur auf die Chemikalienbeständigkeit: Gradientenofen

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

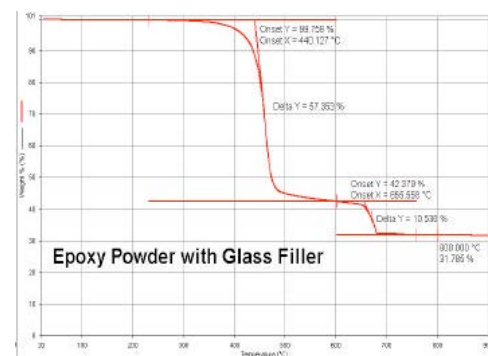


## Thermogravimetrie

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

*Prüfgerät:* Thermowaage Pyris 1 TGA , STA 449 F3 Jupiter

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



## Mehrwinkelfarbmessung<sup>2,4</sup> 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 Gesamtfarbeindrucks von Effektlacken; spektrale Auflösung 10nm im Bereich 400-700 nm

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



## Berührungslose Farbmessung<sup>2</sup>

*Prüfgerät:* Rechnergesteuertes Teleflash-Farbmessgerät

*Auswertung:*  $\Delta L$  und  $\Delta E$ -Werte (mehrwinklig), gegen Schwarz/Weiß-Standard



## Glanzmessung<sup>2,4,5</sup>

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 Flüssigkeiten<sup>2</sup>

*Prüfgerät:* Blasendruck-Tensiometer

*Auswertung:* Oberflächenspannung  $\sigma$  [mN/m], [dyn/cm]



# Werkstoffprüfung



## Bestimmung der Zugeigenschaften von Beschichtungen und freien Filmen mit der Zugprüfmaschine<sup>5</sup>

*Prüfnormen:* DIN EN ISO 527-1/-2

*Prüfgerät:* Zugprüfmaschine Z050 mit Extensometer

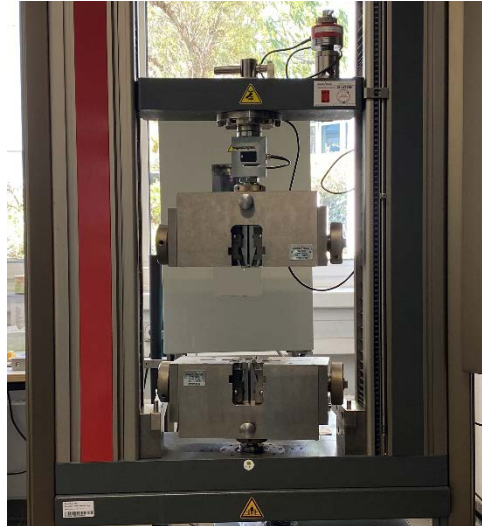
*Auswertung:* Zugmodul  $E_t$  [MPa]

Streckspannung  $\sigma_y$  [MPa]

Streckdehnung  $\epsilon_y$  [%]

Bruchspannung  $\sigma_b$  [MPa]

Bruchdehnung  $\epsilon_b$  [%]



## Bestimmung der Charpy-Schlageigenschaften mit dem Pendelschlagwerk<sup>5</sup>

*Prüfnormen:* DIN EN ISO 179-1

*Prüfgerät:* Pendelschlagwerk HIT5.5P

*Auswertung:* Charpy-Schlagzähigkeit  $a_{CU}$  [kJ/m<sup>2</sup>]

Charpy-Kerbschlagzähigkeit  $a_{cN}$  [kJ/m<sup>2</sup>]





## Bestimmung der Dichte mit dem Eintauchverfahren<sup>5</sup>

*Prüfnormen:* DIN EN ISO 1183-1

*Prüfgerät:* Analysenwaage mit Dichtebestimmungsset

*Auswertung:* Dichte  $\rho$  [kg/m<sup>3</sup>]



## Bestimmung der Asche durch direktes Glühen<sup>5</sup>

*Prüfnormen:* DIN EN ISO 3451-1 Verfahren A

*Prüfgerät:* Hochtemperaturofen und Analysenwaage

*Auswertung:* Aschegehalt A% [%-Massenanteil]



## Bestimmung des Brennverhaltens von Werkstoffen der Kraftfahrzeug-innenausstattung<sup>5</sup>

*Prüfnormen:* DIN 75200, FMVSS 302, DBL 5307

*Prüfgerät:* Brennkammer BKF der Firma Karg Industrietechnik

*Auswertung:* Ermittlung der Brenndauer von thermoplastischen Werkstoffen



## Belichtungs- und Bewitterungsprüfgerät<sup>5</sup>

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:* Farblichkeit mittels Farbmessung oder Graumaßstab



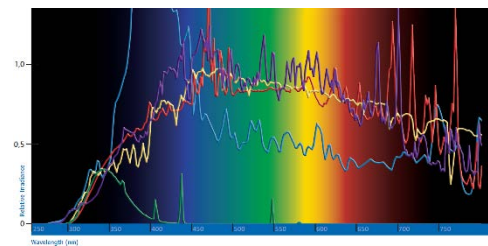
## Xenotest<sup>5</sup>

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

*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; Xenotest 440 (Atlas)

*Auswertung:* Farbänderung  $\Delta E$ , Vergilbung  $\Delta b$ , Glanzänderung, Rissbildung



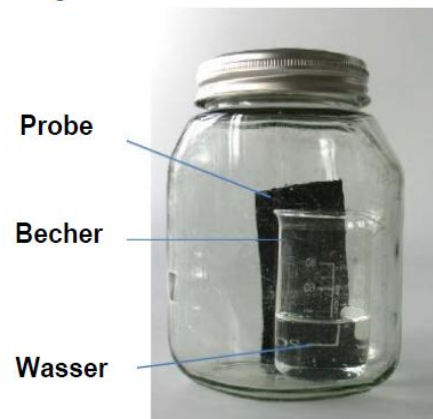
## Geruchsprüfung<sup>5</sup>

Lagerung der Proben in einem geschlossenen Gefäß unter definierten Bedingungen. Nach der Lagerung wird die auftretende Geruchsentwicklung beurteilt.<sup>5</sup>

*Prüfnormen:* VDA 270, Automobil-Werksnormen: DBL 5430, PV 3900

*Prüfmittel:* Glasbehälter mit Deckel (Leifheit Einkochglas), Temperaturmessgerät mit Luftfühler, Wärmeschrank

*Auswertung:* Geruchsnote gemäß einer Bewertungsskala



## 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](mailto:michael.hilt@ipa.fraunhofer.de)



**Dr. rer. nat. Norbert Pietschmann<sup>1</sup>**  
**Gruppenleiter**

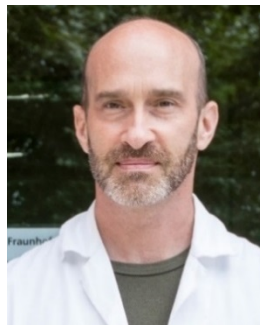
**Analytik und Stoffprüfungen**

Telefon: + 49 711 970-3831

Telefax: +49 711 970-3879

E-Mail:

[norbert.pietschmann@ipa.fraunhofer.de](mailto:norbert.pietschmann@ipa.fraunhofer.de)



**Dipl.-Ing. (FH) Markus Keuerleber<sup>1</sup>**  
**Projektleiter**

**Analytik und Stoffprüfungen**

Telefon: +49 711 970-3828

Telefax: +49 711 970-3879

E-Mail:

[markus.keuerleber@ipa.fraunhofer.de](mailto:markus.keuerleber@ipa.fraunhofer.de)



**Dr. rer. nat. Christina Bauder<sup>2</sup>**  
**Gruppenleiterin**

**Lackchemische Anwendungstechnik**

Telefon: +49 711 970-3869

Telefax: +49 711 970-3879

E-Mail:

[christina.bauder@ipa.fraunhofer.de](mailto:christina.bauder@ipa.fraunhofer.de)



**Dr. rer. nat. Stefanie Wunder<sup>2</sup>**  
**Stellvertretende Gruppenleiterin**  
**Lackchemische Anwendungstechnik**

Telefon: +49 711 970-3807

Telefax: +49 711 970-3879

E-Mail:

[stefanie.wunder@ipa.fraunhofer.de](mailto:stefanie.wunder@ipa.fraunhofer.de)



**Dr. rer. nat. Rolf Nothhelfer-Richter<sup>2</sup>**  
**Senior Scientist, Projektleiter**  
**Lackchemische Anwendungstechnik**

Telefon: +49 711 970-3841

Telefax: +49 711 970-3879

E-Mail: [rolf.nothhelfer-](mailto:rolf.nothhelfer-richter@ipa.fraunhofer.de)

[richter@ipa.fraunhofer.de](mailto:richter@ipa.fraunhofer.de)



**Dr. rer. nat. Matthias Wanner<sup>2</sup>**  
**Projektleiter**  
**Lackchemische Anwendungstechnik**

Telefon: +49 711 970-3852

Telefax: +49 711 970-3879

E-Mail:

[matthias.wanner@ipa.fraunhofer.de](mailto:matthias.wanner@ipa.fraunhofer.de)



**Dr. rer. nat. Volker Wegmann<sup>5</sup>**  
**Gruppenleiter**

**Lackierprozessentwicklung**

Telefon: +49 711 970-1753

Telefax: +49 711 970-3879

E-Mail:

[volker.wegmann@ipa.fraunhofer.de](mailto:volker.wegmann@ipa.fraunhofer.de)



**Dipl.-Ing. (FH) M. Hung Tran<sup>5</sup>**  
**Projektleiter**

**Lackierprozessentwicklung**

Telefon: +49 711 970-1896

Telefax: +49 711 970-3879

E-Mail:

[manh-hung.tran@ipa.fraunhofer.de](mailto:manh-hung.tran@ipa.fraunhofer.de)



**Dipl.-Ing. (FH) Dirk Michels<sup>5</sup>**  
**Fachthemenleiter**

**Lackierprozessentwicklung**

Telefon: +49 711 970-3733

Telefax: +49 711 970-3879

E-Mail:

[dirk.michels@ipa.fraunhofer.de](mailto:dirk.michels@ipa.fraunhofer.de)



**Dr. rer. nat. Marc Entenmann<sup>4</sup>**  
**Gruppenleiter**  
**Pigmente und Beschichtungen**

Telefon: + 49 711 970-3854

Telefax: +49 711 970-3879

E-Mail:

[marc.entenmann@ipa.fraunhofer.de](mailto:marc.entenmann@ipa.fraunhofer.de)



**Dipl.-Chem. Heinz Greisiger<sup>4</sup>**  
**Projektleiter**  
**Pigmente und Beschichtungen**

Telefon: +49 711 970-3849

Telefax: +49 711 970-3879

E-Mail:

[heinz.greisiger@ipa.fraunhofer.de](mailto:heinz.greisiger@ipa.fraunhofer.de)



**Dr. rer. nat. Oliver Tiedje<sup>6</sup>**  
**Gruppenleiter**  
**Nassapplikations- und**  
**Simulationstechnik**

Telefon: +49 711 970-1773

Telefax: +49 711 970-3879

E-Mail:

[oliver.tiedje@ipa.fraunhofer.de](mailto:oliver.tiedje@ipa.fraunhofer.de)



**Dipl.-Ing. (FH) Markus Cudazzo<sup>7</sup>**  
**Gruppenleiter**

**Pulverapplikationstechnik**

Telefon: +49 711 970-1761

Telefax: +49 711 970-3879

E-Mail:

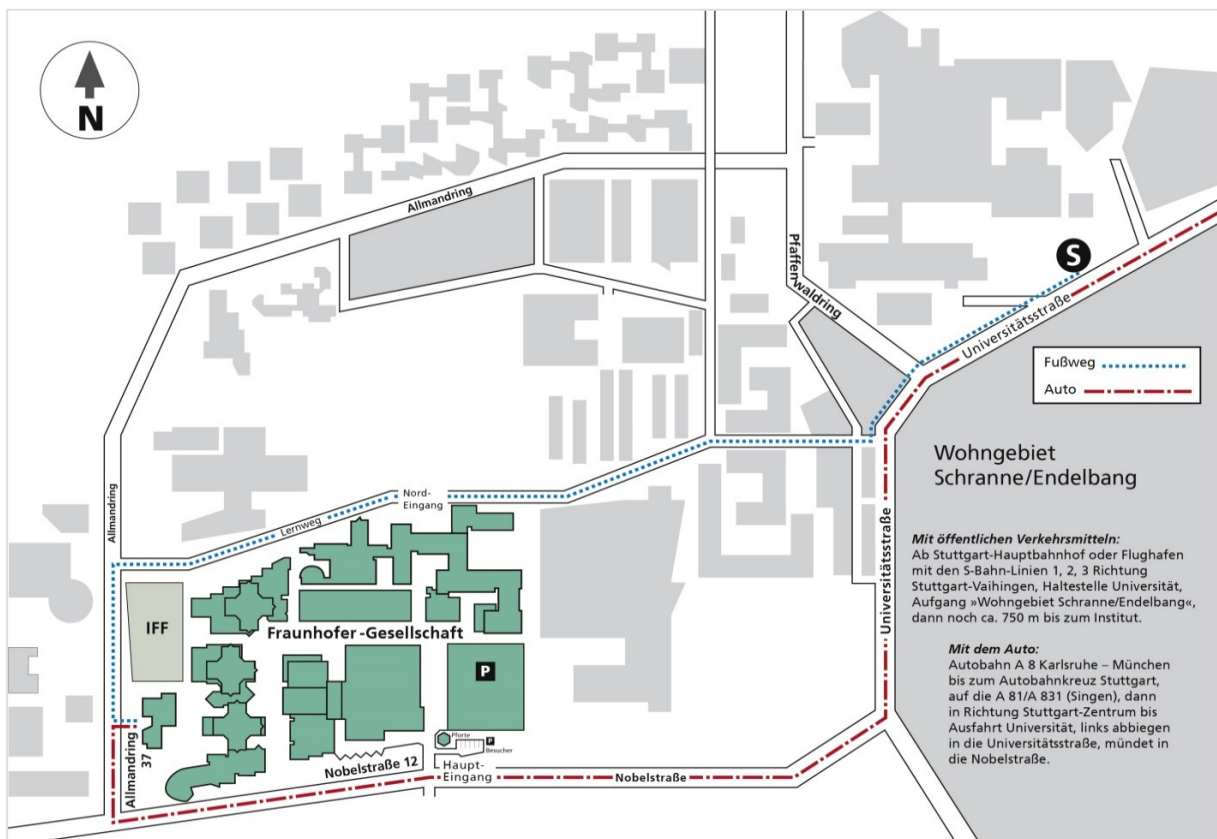
[markus.cudazzo@ipa.fraunhofer.de](mailto:markus.cudazzo@ipa.fraunhofer.de)

## Anfahrt

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA  
Abteilung Beschichtungssystem- und Lackiertechnik

Nobelstraße 12  
70569 Stuttgart

Allmandring 37  
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
- Aufgang »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





# Normenverzeichnis

## **A**

ASTM B 117 82, 83  
ASTM B 368 83  
ASTM D 1002 57  
ASTM D 1044 59  
ASTM D 1210 36  
ASTM D 1316 36  
ASTM D 1391 123, 131  
ASTM D 2457 93  
ASTM D 2794 65  
ASTM D 3170 56  
ASTM D 3363 68  
ASTM D 4138 101  
ASTM D 4541 56  
ASTM D 5179 56  
ASTM D 522a 66  
ASTM D 523 93  
ASTM D 5682 37  
ASTM D 5767 91  
ASTM D 5895 28  
ASTM D 7187 61  
ASTM D 968 60  
ASTM E 384 7, 68  
ASTM E 430 93

ASTM E 544 123, 131

ASTM G 151 78

ASTM G 155 77, 153

## **B**

BMW GS 97034/GS 97045 58

## **C**

CAM 180 77, 153

## **D**

DBL 5307 64, 152

DBL 5416 55, 56, 73, 75, 76

DBL 7384 58, 59, 67, 74

DIN 16860 58

DIN 5033 92

DIN 5036 92

DIN 50986 101

DIN 51423-2 97

DIN 52980 52

DIN 53014-1 26

DIN 53014-2 26

DIN 53019 25

DIN 53122-1 105

DIN 53159 88

DIN 53468 45

DIN 55365 84

DIN 55987 26	DIN EN ISO 15091 37
DIN 6172 93	DIN EN ISO 1516 35
DIN 6175 93	DIN EN ISO 1518 67
DIN 6175-2 92	DIN EN ISO 15184 68
DIN 75200 64, 152	DIN EN ISO 1519 65
DIN 75201 16	DIN EN ISO 1520 64
DIN EN 1062-3 106	DIN EN ISO 15212-1 31
DIN EN 1149 12, 70	DIN EN ISO 1522 66
DIN EN 13523-12 67	DIN EN ISO 1523 35
DIN EN 13523-15 93	DIN EN ISO 1524 36
DIN EN 13523-16 59	DIN EN ISO 15880 33
DIN EN 13966: 2003 111	DIN EN ISO 16474-1/16474-2 77, 153
DIN EN 1465 57	DIN EN ISO 16474-1/16474-3 78
DIN EN 20105-A02 79, 153	DIN EN ISO 16862 28
DIN EN 3665 84	DIN EN ISO 16925 55
DIN EN 438-2 65	DIN EN ISO 16927 128
DIN EN 513 78	DIN EN ISO 17025 18, 38, 39, 147
DIN EN 60068-2-70 58	DIN EN ISO 179-1 151
DIN EN 828 11, 144	DIN EN ISO 20566 60
DIN EN ISO 105 B06 79, 153	DIN EN ISO 20567 56
DIN EN ISO 11664-4 92, 93	DIN EN ISO 20567-1 56
DIN EN ISO 1183-1 152	DIN EN ISO 2114 33
DIN EN ISO 11997 83	DIN EN ISO 2178 99
DIN EN ISO 11998 60	DIN EN ISO 2360 99
DIN EN ISO 12944-6 82, 85	DIN EN ISO 2409 55
DIN EN ISO 13565 2, 3, 9, 97, 98, 137	DIN EN ISO 2431 25
DIN EN ISO 13803 92, 93	DIN EN ISO 2719 35
DIN EN ISO 14577 7, 68	DIN EN ISO 2808 36, 99, 100

DIN EN ISO 2811-1 31  
DIN EN ISO 2811-2 31  
DIN EN ISO 2811-3 31  
DIN EN ISO 2812-4 70, 147  
DIN EN ISO 2813 91, 93, 148  
DIN EN ISO 2815 67  
DIN EN ISO 2884-1 25  
DIN EN ISO 3233-2 27, 30, 111  
DIN EN ISO 3251 30  
DIN EN ISO 3668 94  
DIN EN ISO 3679 35  
DIN EN ISO 3882 100  
DIN EN ISO 4287 2, 3, 9, 97, 98, 137  
DIN EN ISO 4288 2, 3, 9, 97, 98, 137  
DIN EN ISO 4516 7, 68  
DIN EN ISO 4618 26, 111  
DIN EN ISO 4624 56  
DIN EN ISO 4625-1 42  
DIN EN ISO 4625-2 42  
DIN EN ISO 4892-3 78  
DIN EN ISO 527-1 57  
DIN EN ISO 527-1/-2 151  
DIN EN ISO 55987 111  
DIN EN ISO 6270-1 73, 82  
DIN EN ISO 6270-2 73  
DIN EN ISO 6272 65  
DIN EN ISO 6504-3 27  
DIN EN ISO 6721-1 61, 146

DIN EN ISO 6860 66  
DIN EN ISO 6988 73, 74  
DIN EN ISO 7783 106  
DIN EN ISO 7784 59  
DIN EN ISO 8130-1 44  
DIN EN ISO 8130-13 44  
DIN EN ISO 8130-3 31  
DIN EN ISO 8130-5 43  
DIN EN ISO 828 34  
DIN EN ISO 8502-3 5  
DIN EN ISO 8502-6 5  
DIN EN ISO 8502-9 5  
DIN EN ISO 8503-4 2, 3, 9, 97, 98, 137  
DIN EN ISO 9117-2 90  
DIN EN ISO 9117-3 29, 89, 121  
DIN EN ISO 9117-5 89  
DIN EN ISO 9227 82  
DIN EN ISO 9514 109  
DIN IEC 60167 12, 70  
DIN ISO 4892-2 77, 153  
DIN ISO 8130-10 111

## **E**

EN ISO 2808 101, 126  
EN ISO 60 45

## **F**

FMVSS 302 64, 152

## **G**

GSB AI 631 74

**I**

ISO 105-B02 78

ISO 11357 40, 43, 63

ISO 1456 83

ISO 22197-1 53

ISO 29862 58

**L**

LPV 0700.99000 127

**M**

MBN 10494-3 127

MBN 10494-5 60

**P**

PBO DC 361 55

PBO DC 371 70, 147

**S**

SAA NA-01.1 127

SAE J 1960 77, 153

**V**

VDA 233-102 84

VDA 612-414 76

VDA 621-412 70, 147

VDA 621-415 83

VDA 621-430 77, 153

VDEh SEP 1850 84

VDI 2066 Blatt I 109

VDI Richtlinie 2066 Blatt 1 131

VDMA Einheitsblatt 24364 127

VW PV 1200 75

VW PV 1210 83

VW PV 1503 55

VW PV 2005 75

VW PV 3.10.7 127

VW PV 3015 16

VW PV 3929 77, 153

VW PV 3930 77, 153

VW TL 75

VW TL 226 59, 67, 74, 76