

Mehr als nur schön bunt



Quelle: napak - stock.adobe.com; generiert mit KI

INNENWANDFARBEN // MODERNE WANDBESCHICHTUNGEN MÜSSEN HEUTE WEIT MEHR LEISTEN ALS NUR GUT AUSZUSEHEN. NEBEN TIEFMATTER OPTIK UND ANGENEHMER HAPTİK ZÄHLEN MECHANISCHE BESTÄNDIGKEITEN ZU DEN ZENTRALEN ANFORDERUNGEN. NEUARTIGE SPHÄRISCHE KIESELSÄUREFÜLLSTOFFE REVOLUTIONIEREN DIE EIGENSCHAFTEN VON INNENWANDFARBEN MIT HOHER PIGMENTVOLUMENKONZENTRATION – FÜR WIDERSTANDSFÄHIGE, ÄSTHETISCHE UND WIRTSCHAFTLICHE LÖSUNGEN.

Oliver Peters, Jennifer Sobotte und Nadia Lenhardt, Evonik Operations

Täglich begegnen wir einer Vielzahl von Bautenanstrichen, sei es in den eigenen vier Wänden oder als Fassadenbeschichtung von Gebäuden. Dabei liegt der erste Blick meist auf der Ästhetik, etwa dem Farbton oder dem Glanzgrad. Die Anforderungen an moderne Wandfarben gehen jedoch weit über rein optische Aspekte hinaus. Neben dem Wunsch nach sehr niedrigen Glanzgraden und einer hochwertigen Haptik gewinnen auch mechanische Beständigkeit, Reinigungsfähigkeit und Nachhaltigkeit zunehmend an Bedeutung. Besonders im preisorientierten Segment mit hohen Pigmentvolumenkonzentrationen (PVK) sind innovative Lösungen gefragt, die sowohl funktionale als auch wirtschaftliche Vorteile bieten.

Die vorliegende Studie untersucht den Einsatz neuartiger sphärischer Spezialfüllstoffe, insbesondere auf Basis gefällter Kieselsäuren, zur Verbesserung der mechanischen und optischen Eigenschaften von Innenwandfarben. Ziel ist es, durch eine gezielte Partikeltechnologie die Leistungsfähigkeit von Beschichtungssystemen signifikant zu steigern.

Chemisch vernetzt: Sphärische Kieselsäuren

Die Grundlage dieser Technologie bildet die kontrollierte Polymerisation gefällter SiO_2 -Moleküle. In einem nasschemischen Prozess reagieren die Moleküle über Siloxanbindungen und aggregieren zunächst zu Primärpartikeln. Diese wachsen anschließend zu sphärischen Agglomeraten (Abb. 1) mit geringer Porosität, niedriger spezifischer Oberfläche (BET-Wert) und einer definierten Teilchengrößenverteilung (d_{50}) heran. Eine solche Struktur reduziert den Bindemittelbedarf und verbessert die Dispergierbarkeit in der Formulierung. Ein wesentliches Merkmal ist die chemische Vernetzung zwischen den Primärpartikeln, die eine hohe mechanische Stabilität des Endpartikels gewährleistet und somit die Leistungsfähigkeit der Beschichtung nachhaltig unterstützt.

Oberflächenmorphologie und mechanische Beständigkeit im Fokus

Die Optimierung der mechanischen Beständigkeit bei gleichzeitig sehr niedrigen Glanzwerten erfordert eine detaillierte Betrachtung der komplexen Partikelzusammensetzungen in Innenwandfarben. Um die Wechselwirkungen innerhalb dieser Zusammensetzungen besser zu verstehen, wurden in dieser Studie moderne optische und tribologische Analyseverfahren mit etablierten Prüfmethoden für die mechanische Belastbarkeit kombiniert.

Ein Schwerpunkt lag auf der Oberflächenanalytik mittels konfokaler Laser-Scanning-Mikroskopie (CLSM), die präzise Einblicke in die Partikelverteilung und deren Einfluss auf die Oberflächenstruktur eröffnet. Im Gegensatz zur klassischen Weitfeldmikroskopie beleuchtet die konfokale Technik nur kleine Teilbereiche der Oberfläche. Das von der Probe reflektierte, gestreute oder emittierte Licht wird durch eine Lochblende in der hinteren Brennebene des Mikroskops erfasst, wodurch eine hohe Tiefenauflösung und ein deutlich reduziertes Hintergrundsignal erzielt werden. Dies verhindert unscharfe Strukturen und verbessert die Bildqualität erheblich, was eine gezielte Analyse der Morphologie erlaubt.

Ergänzend dazu wurde ein optisches Profilometer eingesetzt, um die Oberflächentopographie berührungslos zu bestimmen und den Zusammenhang zwischen Rauheitsparametern und mechanischen Eigenschaften wie Abrieb- oder Nassabriebbeständigkeit zu untersuchen. Die interferometrische Messung liefert eine präzise 3D-Darstellung der Oberfläche und erfasst wichtige Rauheitskennwerte wie Mittenrauheit R_a , gemittelte Rautiefe R_z und mittlere Rillenbreite R_{Sm} . Diese Daten sind entscheidend, um die Haptik der Beschichtung sowie deren Widerstandsfähigkeit gegenüber mechanischer Beanspruchung ganzheitlich zu bewerten.

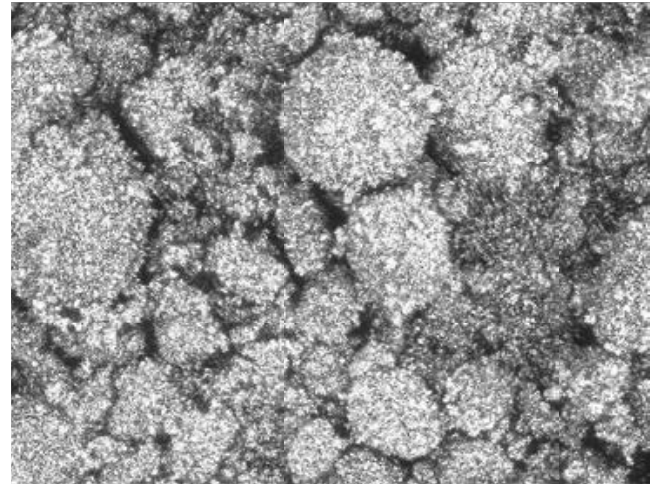


Abb. 1 // Konfokale Laser-Scanning-Mikroskopie der sphärischen Kieselsäurepartikel (150-fache Vergrößerung).

Füllstoffkombinationen im Test

Innerhalb dieser technischen Studie wurde eine Innenwandfarbe auf Basis eines Styrol-Acrylat-Bindemittels mit einer PVK von 80 % entwickelt. Für die Füllstoffkomponente kamen drei verschiedene – sowohl natürliche als auch gefällte – Calciumcarbonate (CaCO_3) mit mittleren Teilchengrößen (d_{50}) von $0,2\mu\text{m}$, $3\mu\text{m}$ und $6\mu\text{m}$ zum Einsatz. Diese wurden teilweise durch sphärische Kieselsäurepartikel mit d_{50} -Werten zwischen $4,4\mu\text{m}$ und $17\mu\text{m}$ ersetzt. Insgesamt wurden 16 unterschiedliche Füllstoffkombinationen getestet, die in drei Serien gegliedert waren, wobei jede Serie einem spezifischen sphärischen Partikeltyp zugeordnet wurde.

Ergebnisse auf einen Blick

- Sphärische Kieselsäurepartikel sind gleichmäßig in die Bindemittelmatrix eingebettet.
- Sie verändern alle Rauheitsparameter signifikant, die Korrelation zum Reibungskoeffizienten ist komplex und nicht linear.
- Die subjektive Haptik wird nicht alleine durch Reibung bestimmt, sondern durch die gezielte Gestaltung der Oberflächenmorphologie.
- Große sphärische Partikel ($d_{50} \approx 17\mu\text{m}$) erzielen die besten Ergebnisse bei Nassabrieb- und Scuff-Beständigkeit. Letztere korreliert nicht mit den Rauheitswerten.
- Die Glanzstabilität verbessert sich mit steigender Partikelgröße der sphärischen Kieselsäure und einer abgestimmten Calciumcarbonat-Dosierung.

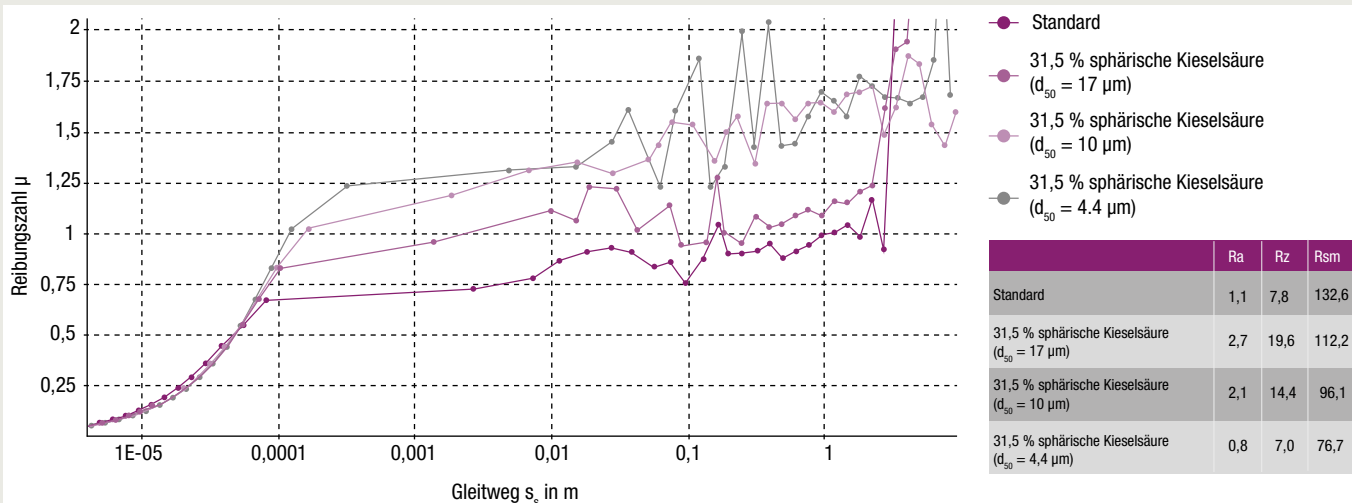


Abb. 2 // Tribologische Untersuchung von Beschichtungen mit verschiedenen großen Kieselsäurepartikeln mittels Stribeck-Kurven; korrespondierende Rauheitswerte.

Reibung, Verschleiß und Haptik

Tribologische Untersuchungen ermöglichen eine differenzierte Analyse des Reibungs- und Verschleißverhaltens von Beschichtungen unter praxisnahen Bedingungen. Für Innenwandfarben mit hoher PVK ist die Reibung an der Oberfläche nicht nur ein Indikator für mechanische Belastbarkeit, sondern beeinflusst auch die haptische Wahrnehmung. Die Stribeck-Kurve (Auftrag der Reibkraft in Abhängigkeit der Reibgeschwindigkeit) dient hierbei als zentrales Werkzeug, um die unterschiedlichen Reibungszustände (Haftreibung, Losbrechmoment, Mischreibung mit und ohne Slip-Stick-Effekt) zu charakterisieren und deren Einfluss auf die Haptik und Oberflächenintegrität zu bewerten. Diese Erkenntnisse unterstreichen die Bedeutung tribologischer Prüfungen als Ergänzung zu klassischen Abriebtests, um die Performance moderner Bautenfarben ganzheitlich zu beurteilen. Die Messungen innerhalb dieser Studie zeigen, dass der Reibungskoeffizient nicht al-

lein durch Rauheitsparameter wie Ra oder Rz bestimmt wird, sondern stark von der Partikelmorphologie und der Einbettung der Partikel in die Beschichtung abhängt. Sphärische Kieselsäurepartikel haben einen signifikanten Einfluss auf alle Rauheitsparameter. Abhängig von der mittleren Teilchengröße werden die Ra- und Rz-Werte gegenüber dem Standard erhöht bzw. gesenkt, wohingegen der RSm-Wert in dieser Studie unabhängig von dem d₅₀-Wert der sphärischen Partikel gesenkt wurde. Die ermittelten Rauheitsparameter Ra, Rz und RSm, dargestellt in Abb. 2, zeigen eine unterschiedliche Korrelation zum Reibungskoeffizienten, was die Komplexität der Zusammenhänge unterstreicht. Insgesamt kann geschlossen werden, dass mit steigendem RSm-Wert die Reibungszahl beim Losbrechmoment, dem Übergang von der Haftreibung zur Mischreibung, sinkt. Deshalb ist die Formulierung mit 31,5 % sphärischer Kieselsäure (d₅₀ = 4,4 μm) besonders bemerkenswert: Trotz niedrigster Rauheitsparameter weist diese Beschichtung einen vergleichsweise hohen Reibungswert auf und wurde dennoch als haptisch besonders angenehm wahrgenommen. Dieses Ergebnis macht deutlich, dass die subjektive Haptik nicht allein durch die Reibung bestimmt wird, sondern von der gezielten Gestaltung der Oberflächenmorphologie von Beschichtungen.

Gleichmäßig verteilt

Die Analyse der getrockneten Beschichtungsfilme mittels Rasterelektronenmikroskopie (REM) in Kombination mit energiedispersiver Röntgenspektroskopie (EDS) bestätigt die gleichmäßige Verteilung der sphärischen Kieselsäurepartikel innerhalb der Partikel-Bindemittelmatrix. Die Partikel erscheinen in den EDS-Röntgenkarten, dargestellt in Abb. 3, als klar abgegrenzte Bereiche, was auf eine homogene Einbettung ohne signifikante Agglomerationszonen hinweist. Diese gleichmäßige Verteilung ist entscheidend für die mechanische Stabilität und die optischen Eigenschaften der Beschichtung, da sie lokale Schwachstellen verhindert und eine konsistente Oberflächenmorphologie gewährleistet. Darüber hinaus zeigen die SEM-Aufnahmen, dass die sphärischen Partikel bevorzugt in den Zwischenräumen des Pigmentnetzwerks positioniert sind, wodurch eine verbesserte Packungsdichte und eine gleichmäßige Lastübertragung bei mechanischer Beanspruchung erreicht werden. Die Kombination aus definierter Partikelgröße und homogener Verteilung trägt somit maßgeblich zur Optimierung von Abriebfestigkeit, Glanzstabilität und Haptik bei.

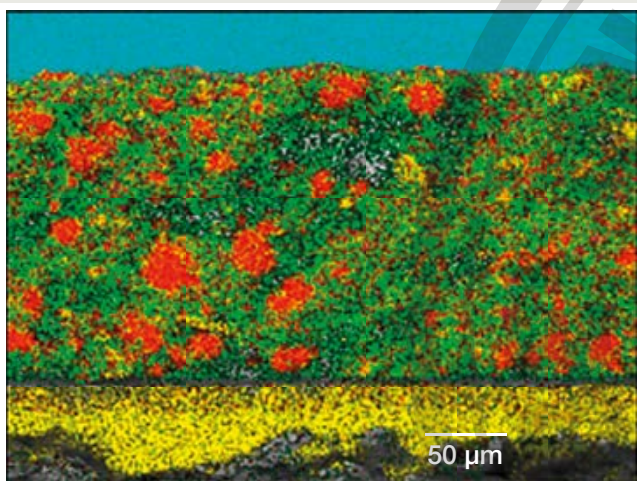


Abb. 3 // Rasterelektronenmikroskopie (SEM) in Kombination mit energiedispersiver Röntgenspektroskopie (EDS) von sphärischen Partikeln (rot) in Pigment-Bindemittelmatrix.

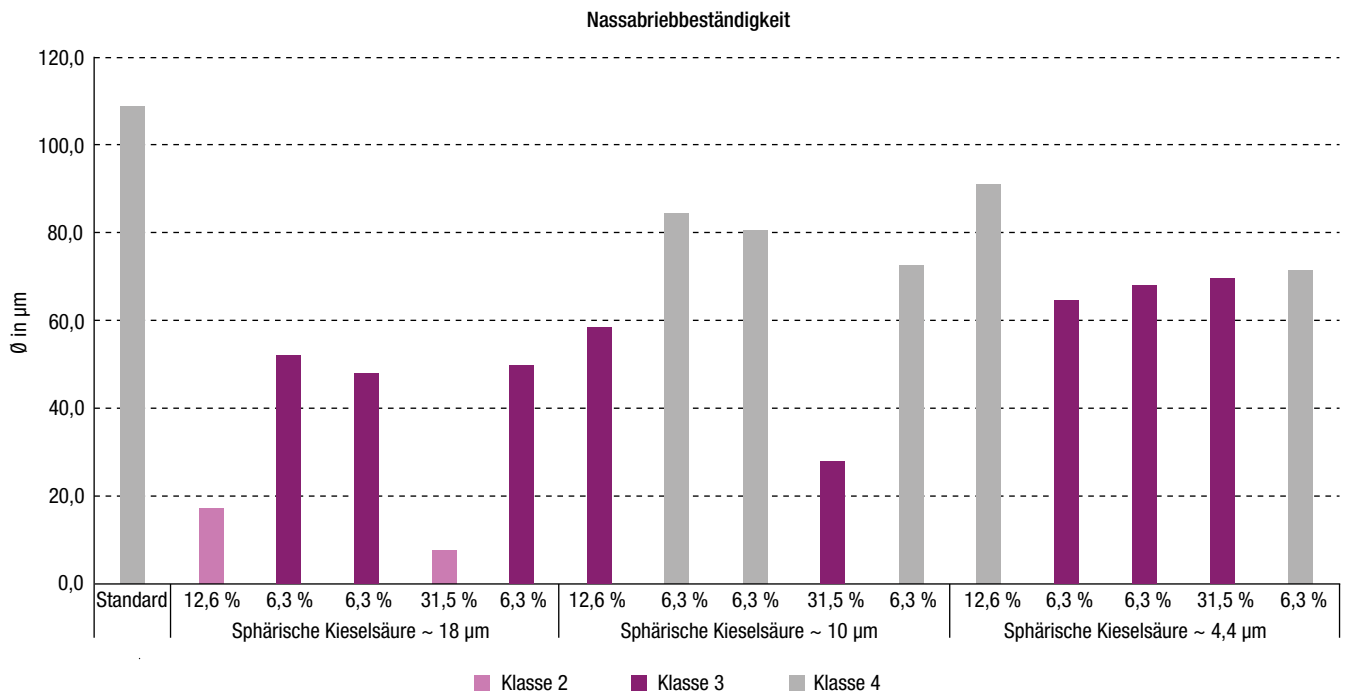


Abb. 4 // Nassabriebbeständigkeit gemäß DIN EN 13300 von Beschichtungen.



Abb. 5 // CLSM-Aufnahme der Beschichtungs Oberfläche vor (links) und nach (rechts) der mechanischen Belastung des Nassabriebtests; 20-fache Vergrößerung.

Nassabriebbeständigkeit und Partikelgröße

Die Nassabriebbeständigkeit (gemäß DIN EN 11998 bestimmt) wird unter anderem maßgeblich von der PVK und der optimalen Packungsdichte der Partikel beeinflusst. Die in dieser Studie verwendete Standard-Formulierung erreicht gemäß DIN EN 13300 mit einem Trockenschichtdickenverlust $\geq 70 \mu\text{m}$ die Nassabriebbeständigkeitsklasse 5. Die in Abb. 4 dargestellten Messergebnisse zeigen zum einen eine Abhängigkeit der Nassabriebbeständigkeit von der Füllstoffzusammensetzung auf, zum anderen wird aber auch ein Einfluss der Partikelgröße der sphärischen Partikel deutlich. Besonders große sphärische Partikel mit einem mittleren Durchmesser von $17 \mu\text{m}$ erzielen die besten Ergebnisse in Bezug auf die Nassabriebfestigkeit. Die technische Studie zeigt auf, dass Zugaben

von $>5 \text{ Gew.}\%$ bereits zum Erreichen der Klasse 3 genügen und höhere Mengen von $>10 \text{ Gew.}\%$ eine Klassifizierung in Klasse 2 ermöglichen. Im Vergleich dazu sind von der gefällten Kieselsäure mit einem d_{50} -Wert von $10 \mu\text{m}$ mindestens $10 \text{ Gew.}\%$ nötig, um Klasse 3 zu erreichen.

Die Analysen mittels konfokaler Laser-Scanning-Mikroskopie (CLSM) bestätigen zudem, dass bei der Abriebbeständigkeitsmessung, ähnlich dem natürlichen Prozess der Erosion, die Beanspruchung der Beschichtungs Oberfläche zu einem Freilegen weiterer sphärischer Partikel in den darunter liegenden Schichten führt (Abb. 5), sodass eine langanhaltende Nassabriebbeständigkeit erreicht und die Bildung von Furchen reduziert wird. Außerdem verdeutlichen die Aufnahmen in Abb. 6, dass die Integrität dieser Partikel auch nach intensiver mechanischer Beanspruchung erhalten bleibt.

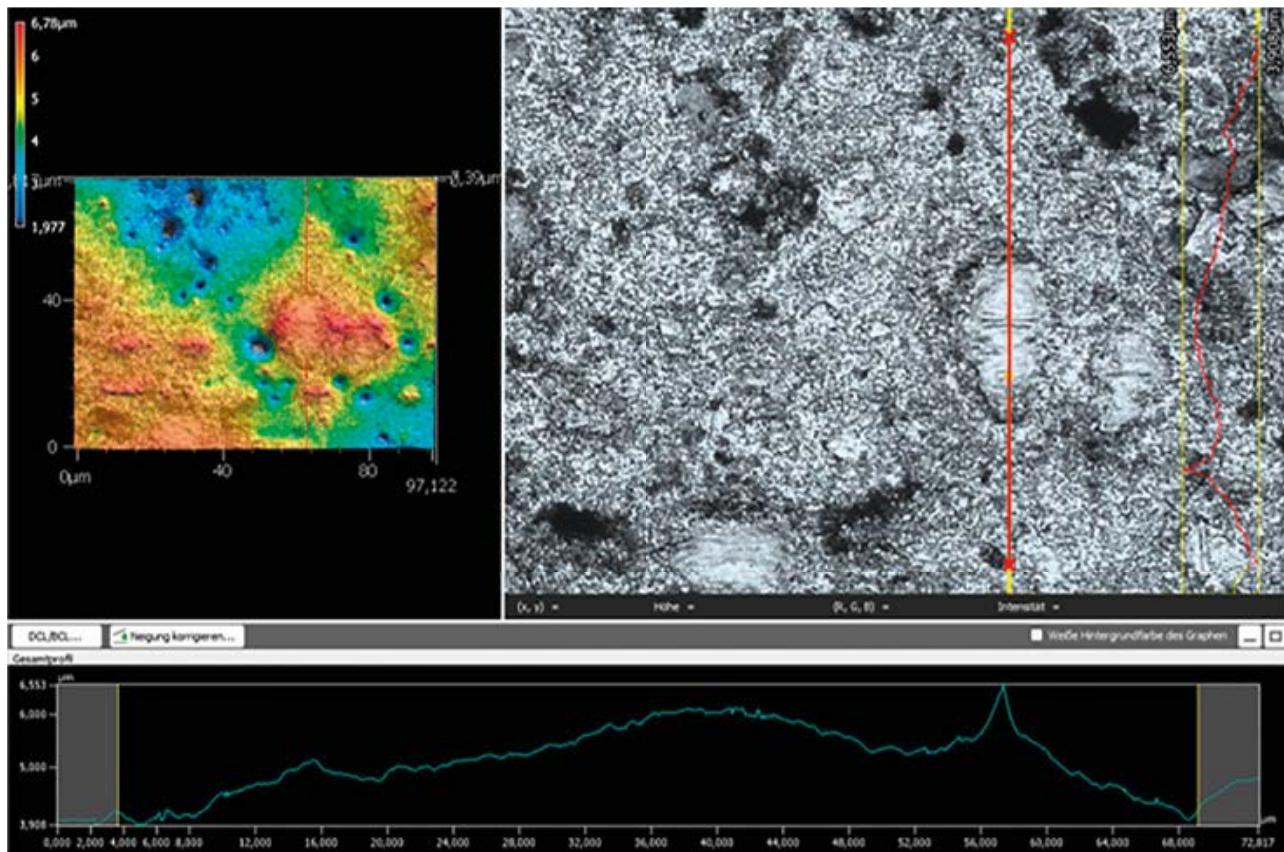


Abb. 6 // CLSM-Aufnahme mit profilometrischer Auswertung einzelner Partikel (rote Linie); Bestätigung der Integrität der Partikel nach Belastung durch Nassabrieb.

Scuff-Beständigkeit

Für widerstandsfähige Innenwandbeschichtungen ist nicht nur die Reinigungsfähigkeit von hohem Interesse, sondern auch die Beständigkeit gegenüber Rückständen durch einen Kontakt der Beschichtung mit anderen Materialien, wie Koffern oder Bürostühlen (Scuff-Beständigkeit). Hierzu werden die Beschichtungsoberflächen mit repräsentativen Materialien in einer möglichst definierten und reproduzierbaren Bewegung in Kontakt gebracht und die Beständigkeit der Oberfläche nachfolgend sowohl visuell als auch mittels koloristischer Messung bewertet. Die Arbeitshypothese ging

zunächst davon aus, dass niedrige Rauheitswerte erforderlich sind, um die Scuff-Beständigkeit zu optimieren. Dies wurde durch die Testergebnisse widerlegt: So zeigte sich zum einen, dass keine direkte Korrelation zwischen den Rauheitsparametern der Beschichtungsoberfläche und der Scuff-Beständigkeit besteht. Zum anderen hatten Partikel mit höheren d_{50} -Werten, wie beim sphärischen Füllstoff mit einer mittleren Teilchengröße von $17\text{ }\mu\text{m}$, einen größeren Einfluss auf diesen Effekt. Darüber hinaus zeigten die Scuff-Tests dieser Formulierungen gegenüber dem Standard reduzierte und homogenere Rückstände auf der Oberfläche (Abb. 7), was trotz teils höherer Rauheitsparameter auf eine niedrigere Abrasivität der Filmstruktur hinweist.

Korrelation der mechanischen Beständigkeiten

Neben der Scuff-Beständigkeit und der Nassabriebbeständigkeit wurde in dieser Studie auch der Widerstand gegen eine Glanzveränderung nach einer Beanspruchung der Beschichtungsoberfläche durch nicht abrasive Stoffe betrachtet. Dafür wurden die getrockneten Beschichtungen für 100 Zyklen mit einem mit einer Mullbinde ausgestatteten Schlitten auf einem Nassabriebgerät beansprucht. Ähnlich wie im Fall der Nassabriebbeständigkeit ergaben diese Messungen eine Erhöhung der Glanzstabilität mit steigenden d_{50} -Werten der sphärischen Partikel. Hinzukommend zu der Formulierungsweise mit sphärischen Partikeln wirkte auch die ergänzende Zugabe von Calciumcarbonaten mit einer mittleren Teilchengröße von $6\text{ }\mu\text{m}$ zu einer Verbesserung der Glanzstabilität.

Des Weiteren wurde Folgendes beobachtet: Dominieren kleinteilige, gefällte Calciumcarbonate die Formulierung, nahm die Glanzstabilität unabhängig von der Zugabe sphärischer Füllstoffe, im Vergleich zu Formulierungen mit geringen Mengen gefällter Calciumcarbonate, immer deutlich ab.



FRAGEN SIE DIE KI! 360°-RECHERCHE MIT DEM KI-CHATBOT

Welchen Einfluss hat die Partikelgröße der sphärischen Kieselsäure auf die Nassabriebbeständigkeit?



www.farbeundlack.de/360

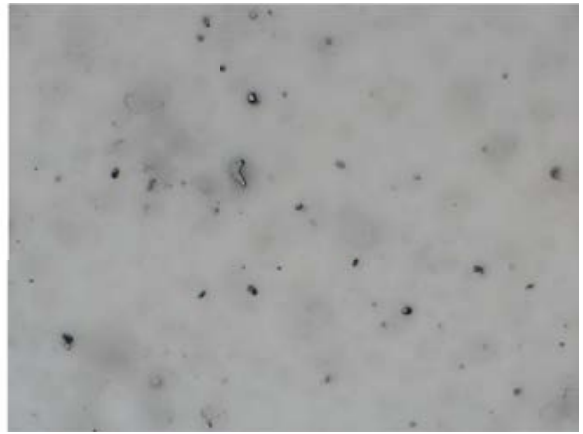


Abb. 7 // Scuff-Beständigkeit: Standard (links), Formulierung mit 31,5 % sphärischer Kieselsäure ($d_{50}=17\text{ }\mu\text{m}$) (rechts); 50-fache Vergrößerung.

Kratzfest, tiefmatt und haptisch angenehm

Die ganzheitliche Auswertung der Ergebnisse zeigt deutliche Vorteile bei der Verwendung sphärischer Partikel in Innenwandfarben mit hoher PVK. Zum einen konnten die mechanischen Eigenschaften der Beschichtung signifikant verbessert werden, was sich in einer höheren Scuff- und Abriebbeständigkeit widerspiegelt. Zum anderen wurde ein reduzierter Glanzanstieg nach mechanischer Beanspruchung festgestellt, was für die optische Stabilität der Oberfläche von großer Bedeutung ist. Diese Ergebnisse unterstreichen die Relevanz der Partikel- und Oberflächenmorphologie für die mechanische Widerstandsfähigkeit von Innenwandfarben und zeigen auf, dass sowohl die gezielte Auswahl der Partikelgröße als auch die Füllstoffzusammensetzung entscheidende Faktoren für die Leistungsfähigkeit moderner Innenwandfarben sind.

Die Studie zeigt deutlich, dass die gezielte Auswahl und Kombination solcher gefällter Partikel mit gängigen Calciumcarbonaten nicht nur die

mechanische Stabilität, sondern auch das optische Erscheinungsbild und die haptische Wahrnehmung beeinflussen. Besonders die sphärische Kieselsäure überzeugt durch ihre definierte Form und geringe Porosität, wodurch sie herkömmlichen Füllstoffen hinsichtlich des Einflusses auf die Viskosität überlegen ist.

Tribologische Messungen und CLSM-Analysen bestätigen, dass sich mit dieser Technologie kratzfeste, tiefmatt und zugleich haptisch angenehme Beschichtungen realisieren lassen – und das bei einem reduzierten Bindemittelbedarf. Damit eröffnen sich neue Möglichkeiten für die Formulierung von Innenwandfarben, die sowohl funktional als auch ästhetisch höchsten Ansprüchen genügen.

Die gewonnenen Erkenntnisse liefern wertvolle Impulse für zukünftige Entwicklungen in der Bautenfarbenindustrie und verdeutlichen: Innovative Partikeltechnologie ist ein Schlüssel zur Erfüllung zukünftiger Marktanforderungen.

Kontakt // oliver.peters@evonik.com

OLIVER PETERS

Jahrgang 1987, studierte Chemie an der Universität Paderborn. Nach seinem Abschluss im Bereich der Chemie und Technologie der Beschichtungsstoffe trat er 2012 in die Business Line Coating Additives von Evonik Operations ein. Er arbeitete im Bereich der Anwendungstechnik Bautenfarben und Fußbodenbeschichtungen, den er seit 2021 als Head of Applied Research and Technology Architectural and Floor Coatings verantwortete. Seit Dezember 2025 ist er als Technical Director Architectural and Floor Coatings tätig.



NADIA LENHARDT

studierte Betriebswirtschaftslehre und begann ihre berufliche Laufbahn im Jahr 2000 bei Evonik Industries, wo sie heute in der Business Line Coating Additives als Marketing Director für Decorative Coatings in EMEA arbeitet.



JENNIFER SOBOTTE

Jahrgang 1986, verstärkt seit 2022 den technischen Service der Business Line Coating Additives von Evonik Operations. Ihr Fundament legte sie mit einer Ausbildung zur Chemielaborantin bei Currenta am Standort Leverkusen. Heute liegt ihr Tätigkeitsschwerpunkt in der Anwendungstechnik für Bautenfarben und Fußbodenbeschichtungen.

