



Industrietaugliche Nano-Beschichtungen auf Metallen

– Theoretisches Potential versus praktische Einsatzmöglichkeiten

Inhalt

Zusammenfassung	S. 1
Anwendungsgebiete	S. 2
Anforderungskriterien	S. 3
Prozessentwicklung: seriell oder parallel?	S. 3
Der „Nanoscout“	S. 4
FME-GmbH	S. 6

Zusammenfassung

Metall-Beschichtungen auf Basis von nanoskaligen Materialien bieten eine reichhaltige Fülle von neuen Oberflächen-Eigenschaften, die konventionellen Beschichtungssystemen weit überlegen sein können.

Zu diesen Eigenschaften zählen u.a. eine hohe Kratzfestigkeit, der easy to clean- bzw. Lotus-Effekt, hohe Temperatur-, UV- und Witterungsbeständigkeit, Reinigungsmittelbeständigkeit (auch bei hohen pH-Werten) und die Freiheit von Schwermetallen.

Die theoretischen Möglichkeiten von Nano-Beschichtungsprodukten werden aber durch die Anforderungskriterien in der Praxis teilweise drastisch eingeschränkt.

Um Zeit und Kosten zu sparen empfiehlt sich in vielen Fällen ein paralleles Vorgehen bei den Entwicklungsschritten sowie der Beizug eines neutralen und betriebs erfahrenen „Nanoscouts“, der die fundamentalen Interessen des Beschichters vertritt.

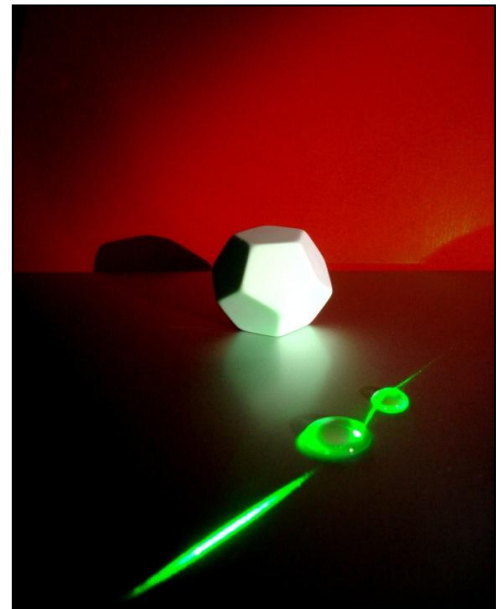


Abb. 1: Beleuchteter Wassertropfen auf einer hydrophobierten Metalloberfläche.

Abb. 2: Beschmutzte nanoversiegelte Aluminiumoberflächen lassen sich problemlos reinigen.



Nanobeschichtungen

Unter diesem Begriff werden heute in der Regel Beschichtungen bezeichnet, welche aus anorganisch-organischen Komponenten bestehen und eingebundene Bestandteile in der Grösse von einigen Nanometern enthalten. In dieser Form zeigen die Moleküle völlig neuartige Oberflächen-Eigenschaften. Je nach Zusammensetzung von organischen und anorganisch/keramischen Komponenten können die Schichteigenschaften weitgehend variiert und den Anforderungen entsprechend angepasst werden.

Anwendungsgebiete von Nanobeschichtungen in der Metallindustrie

Die neuen Oberflächen-Eigenschaften von Metall-Beschichtungen auf Basis von nano-skalierten Materialien können konventionellen Beschichtungssystemen weit überlegen sein. Je nach Zusammensetzung von organischen und anorganischen/keramischen Komponenten können die Eigenschaften zudem weitgehend variiert werden. Stark vereinfacht steigen mit zunehmendem keramischem Anteil in der Beschichtung Temperatur- und Witterungsbeständigkeit an, wobei Eigenschaften wie die Elastizität und die Duktilität abnehmen. Durch Zugabe von organischen funktionellen Molekülen können Oberflächeneigenschaften wie z.B. Hydrophobie (Wasserabweisung) oder die Adhäsion zum Substrat bzw. zu den weiteren

Beschichtungen stark beeinflusst werden. Abb. 3 zeigt mögliche Einsatzgebiete als schwermetallfreie Vorbehandlungs- bzw. Haftvermittlungsschicht zwischen Metallsubstrat und anschließender organischer Beschichtung, als kratzfeste Zwischenschicht oder als abschliessende Deckschicht (Topcoat) mit diversen Funktionen wie easy to clean, Wasserabweisung, Reinigungsmittelbeständigkeit etc. Nanobeschichtungen können auch als einzige Komplettschicht direkt auf das Material aufgetragen werden und dabei alle geforderten Funktionen erfüllen. Je nach Anwendungsfall muss die Beschichtung die entsprechenden Anforderungen erfüllen (Abb. 4).

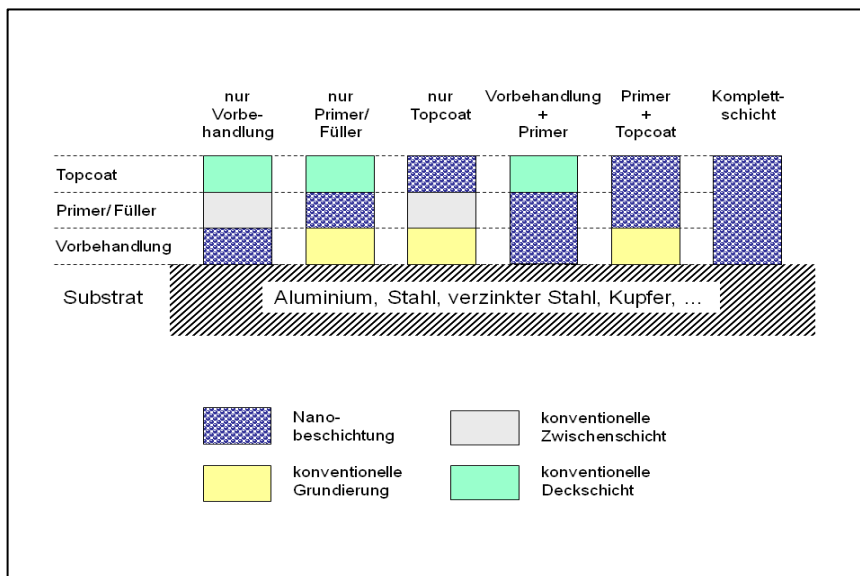


Abb. 3: Einsatzpotenzial von Nanobeschichtungen auf Metallsubstraten.

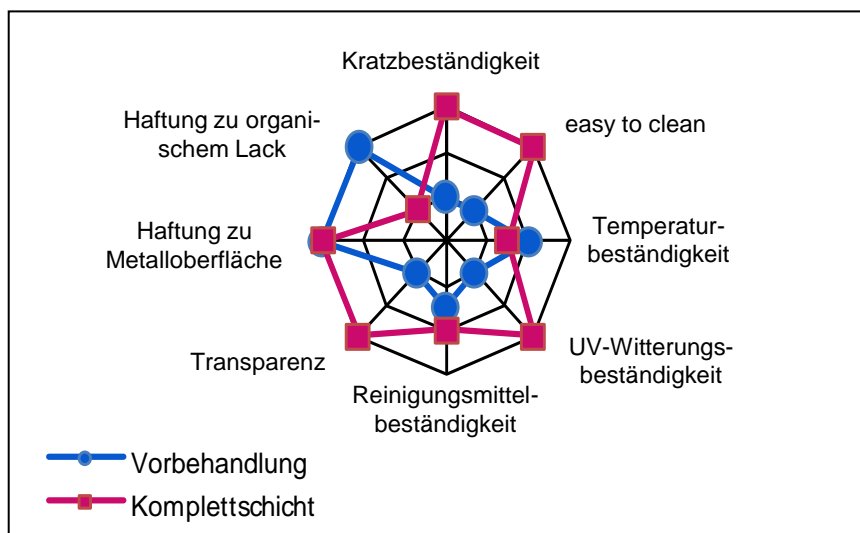


Abb 4: Beispiele von Anforderungsprofilen für zwei Nano-Beschichtungen.

Anforderungskriterien in der Praxis

Bevor ein Nanobeschichtungssystem als Kandidat für eine bestimmte Anwendung in Frage kommt, müssen wesentliche Anforderungskriterien erfüllt werden.

<i>Kriterien</i>	<i>Beispiele</i>
Beschichtungs- Funktion	Haftvermittlung, Vorbehandlung, Primer, Topcoat, Komplettschicht, ...
Metall-Substrate	Aluminium, Aluminium eloxiert, Stahl, verzinkter Stahl, Kupfer, mehrere Metalle gleichzeitig, ...
Applikationsart	Spritzen, Tauchen, Coil Coating, Spin Coating, ...
Trocknungsart	thermisch (Umluft/IR), UV, Raumtemperatur, ...
Prozess- Implementierung	Eingliederung in bestehende Prozesskette, Bau Neuanlage, ...
Kosten	Investitionskosten, variable Kosten, ...
Sicherheit /Umwelt	auf Wasser oder organischen Lösemitteln basierende Beschichtungsstoffe, ...
Haltbarkeit der Nanoprodukte	Lager-/Prozess-Temperatur, Einfluss Badkontaminationen, ...
Prozessüberwachung	Badkontrolle, Schichtkontrolle, on-line/off-line, ...

Prozessentwicklung: seriell oder parallel?

Der serielle Weg

Der typische klassische Entwicklungsweg bei Schichtentwicklungen – wie er in der universitären Forschung betrieben wird – ist das systematische serielle Vorgehen. Ausgehend von klar definierten, meist reinen Metallsubstraten werden die Nano-Materialien im Labor entwickelt und dort auch appliziert. Danach werden die Beschichtungen charakterisiert und getestet. Je nach Testergebnis ändern sich dann die Modifikationen. Erst wenn die Schichteigenschaften restlos verstanden sind und den Anforderungen entsprechen werden die anderen Parameter (z.B. Legierung) den Praxisbedingungen nach und nach angepasst und die Versuchsserien wiederholt. Bei positivem Ergebnis herrscht in diesem Entwicklungsstadium bei den Partnern nicht selten eine euphorische Stimmung wenn die gewünschten Oberflächeneigenschaften erreicht oder sogar übertroffen wurden.

Danach wird der erste Schritt in die Praxis gewagt. Falls vorhanden werden Pilotversuche in einem – relativ sterilen – Technikum durchgeführt, wo die Parameter weitgehend kontrollierbar bzw. veränderbar sind. Wenn möglich werden neben Prüfproben realistische 3D-Metallteile beschichtet.

Auch hier wird wieder solange optimiert, bis der Prozess steht. Danach erfolgt der Gang an die Anlagen des zukünftigen Beschichters. Trotz optimalem vorangegangenen Projektmanagement treten bei diesem entscheidenden Schritt fast immer Überraschungen auf: positive und negative! Teils verhalten sich ursprünglich als kritisch angenommene Parameter relativ gutmütig, hingegen können Hindernisse auftreten, die selbst der erfahrenste Betriebsleiter nicht vorhergesehen hat. Nicht immer lassen sich die Schwierigkeiten mit einfachen Optimierungsarbeiten aus dem Weg räumen. In einigen Fällen kann der Prozess sogar überhaupt nicht oder nur mit unrentablen Umbauten in die bestehende Linie integriert werden.

Ein Abbruch des Projektes durch solch ein **Killerkriterium** schmerzt besonders, zumal zu diesem Zeitpunkt schon viel Zeit und Geld investiert wurde. Zurück bleibt ein zwiespältiges Gefühl bei den Partnern. Einerseits hat man eine neue funktionelle Beschichtung mit wunderbaren Eigenschaften entwickelt – andererseits kann sie für den vorgesehenen Prozess nicht eingesetzt werden.

Der alternative – parallele – Weg

In vielen Fällen besteht die Möglichkeit, einige der wesentlichen Prozessentwicklungsschritte zeitgleich (parallel) anzugehen, um sich relativ schnell ein Machbarkeitsgefühl der ganzen Entwicklung anzueignen. So kann z.B. schon ein erster orientierender Betriebsversuch in der bestehenden Linie angestrebt werden, ohne dass die Beschichtungslösungen fertig optimiert und die Technikumsversuche durchgeführt worden sind. Betriebsversuche können oftmals während Wartungsarbeiten an der Anlage durchgeführt werden, ohne zusätzliche Stillstandszeiten zu verursachen. Der Erkenntnisgewinn bei diesem – für manchen „klassisch“ orientierten Entwickler voreilig(!) – durchgezogenen Betriebsversuch ist meist beträchtlich! Eigenschaften wie Beschichtungs- und Trocknungszeit, Schichtdickenverteilung, Ablaufverhalten, Kontaminationen durch Fremdpartikel, Badverschleppungen etc. können anlagenspezifisch ermittelt werden. Diese Erkenntnisse sollten dann unmittelbar in die anderen Entwicklungsschritte einfließen. Der wesentliche Vorteil bei diesem Vorgehen

liegt darin, dass schon zu einem frühen Zeitpunkt des Projektes die Machbarkeit aufgezeigt und etwaige Killer- bzw. Abbruchkriterien erkannt werden und nicht wie beim klassischen Weg erst gegen Ende der Prozessentwicklung. Je nachdem, welches Problem beim Praxisversuch auftritt, kann gegebenenfalls auch noch frühzeitig auf eine andere Beschichtungsart ausgewichen werden. Wenn eine Beschichtungsentwicklung beim klassischen Prozess gegen Ende des Projektes an der Praxisumsetzung scheitert, so zeigt die Erfahrung, dass meist auf eine Neuentwicklung mit einem anderen Beschichtungsstoff verzichtet wird. Es muss an dieser Stelle aber ausdrücklich betont werden, dass die Entwicklungsschritte, wie sie in der seriellen Entwicklung beschrieben wurden, bei einer erfolgreichen Implementierung des neuen Beschichtungsprozesses nicht eingespart werden können, sondern sauber nachgearbeitet werden müssen! Eine Ausnahme bilden lediglich die Technikumsversuche, die beim parallelen Vorgehen je nach Fall übersprungen werden können.

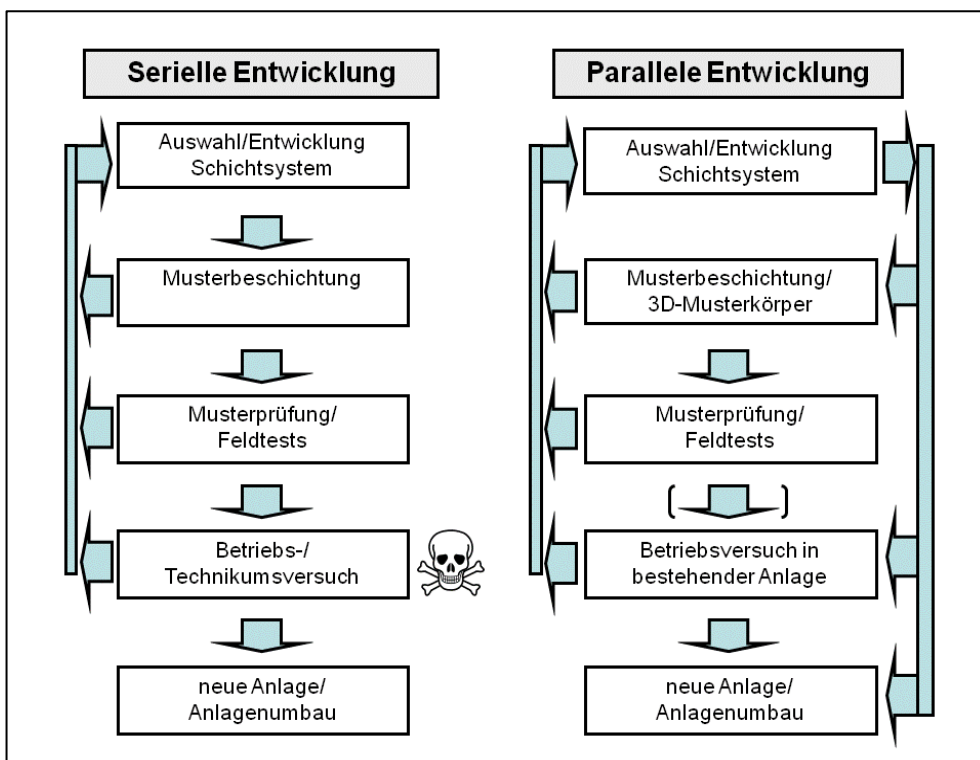


Abb. 5: *Serielle Entwicklung (klassisch) versus parallele Entwicklung.*
 ☠ = Killerkriterium

Der „Nanoscout“

Der Markt für Nano-Beschichtungen ist bereits sehr komplex und kaum mehr zu überschauen. Zu den zahlreichen klein- und mittelständischen Firmen, welche meist als Start-up's von ehemaligen Studenten und Doktoranden der entsprechenden „Nano“-Institute gegründet wurden, bieten mittlerweile auch fast alle traditionellen Chemikalien-Firmen im Beschichtungsbereich mindestens eine „Nano“-Variante an. Während die Start-up-Firmen aufgrund der universitären Bildungsvorgänge ihrer Gründer vielfach durch die Forschungsarbeit im Labor geprägt und bereit sind, die Chemie der Beschichtungslösungen für die geforderte Anwendung kurzfristig zu optimieren, tendieren die traditionellen Chemikalienfirmen mit ihren etablierten Vertriebswegen eher zum Vertrieb von wenigen Standardvarianten.

Nebst den erfolgreichen in die Praxis eingeführten Nano-Beschichtungsentwicklungen, welche gerne publiziert werden, müssen auch immer wieder Projekte erfolglos abgebrochen werden. Schmerzlich sind insbesondere längerfristige Entwicklungen, die zu Beginn des Projektes vielversprechende Resultate zeigten und erst gegen Schluss während der Betriebs-einführung gescheitert sind. Bis zu diesem Zeitpunkt ist in der Regel viel Zeit und Geld in das Projekt investiert worden.

Die Gründe für ein Scheitern sind vielfacher Natur, z.B.:

- zu frühe Fixierung auf ein bestimmtes Beschichtungssystem bzw. -verfahren
- zu später Einbezug der praxisrelevanten Parameter in die Entwicklung
- mangelndes Verständnis für den speziellen Betriebsablauf
- unterschiedliche Kulturen der beteiligten Firmen bzw. Institute

Aus diesen Gründen empfiehlt sich in vielen Fällen der Beizug eines neutralen und betriebserfahrenen Beraters oder **Nanoscouts** während der Entwicklung, der die fundamentalen Interessen des zukünftigen Anwenders bzw. Beschichters vertritt.

Mit seinen Kontakten sowohl zu den Herstellerfirmen wie auch zu den Instituten hilft er schon zu Beginn die vielversprechendsten Kandidaten für die spezielle Beschichtungsaufgabe auszuwählen. Ein unabhängiger Scout sollte auch



Abb. 6: Keramische Nanobeschichtungen sind temperaturbeständig.

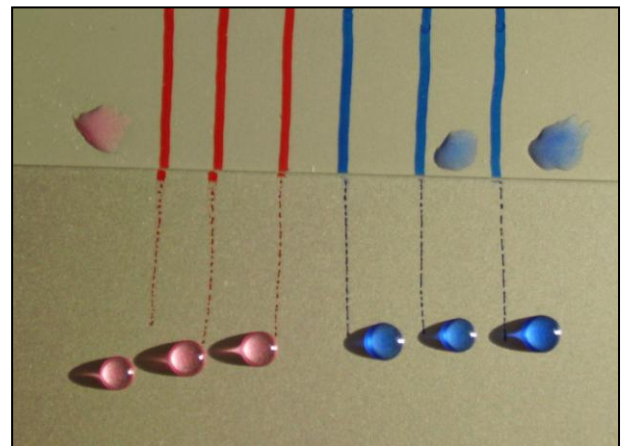


Abb. 7: Gebeizte Aluminiumoberfläche, oben unbehandelt, unten nanoversiegelt. Dadurch wird die Oberfläche wasserabweisend und reinigungsmittelbeständig.



Abb. 8: Werden Nano-Beschichtungen in Zukunft derartige „Kunstwerke“ verhindern?

frühzeitig Fehlentwicklungen erkennen und vorgeschlagene Konzepte auf alle Aspekte hin kritisch hinterfragen, um mögliche Betriebsblindheiten sichtbar zu machen! Manchmal existiert für eine bestimmte Beschichtungsaufgabe auch eine einfache konventionelle und bewährte Lösung ausserhalb von „Nano“. Auch eine solche Möglichkeit sollte der Nanoscout in Betracht ziehen und darauf hinweisen!

FME GmbH – Fuchs Materials & Engineering

Die FME GmbH ist ein unabhängiges Unternehmen, welches u.a. Firmen in der Metall- und Korrosionsbeschichtung berät und bei der Prozessentwicklung begleitet. Da wir die (Nano-)Beschichtungsmaterialien nicht selbst herstellen oder vertreiben sind wir neutral und offen für das ganze Spektrum an Nano-Beschichtungsstoffen, welche auf dem Markt erhältlich oder in Instituten in der Entwicklung sind. Dies erhöht die Chance, das optimale Produkt für den vorliegenden Anwendungsfall zu finden und zeitnah in den bestehenden Prozess einzubinden.

Ein gutes Netzwerk zu Firmen und Instituten, welche Materialien auf Nanobasis herstellen und entwickeln garantiert die optimale Vorauswahl der erfolgversprechendsten Stoffe für Ihre spezielle Anwendung. Eigene Testserien mit neuen Beschichtungsmaterialien und neuen Substraten bzw. Anwendungen erweitern unser Know how in speziellen Gebieten laufend.

Beispiele unserer Dienstleistungen

- Beratung (Material- und Beschichtungstechnik)
- Beschichtungs- und Korrosionstests
- Prototypenbeschichtung
- Expertisen
- Technische Marktanalysen
- Projektleitung
- Patent- und Literaturrecherchen

FME GmbH ...damit's weiter geht!



Abb. 9: Bei der Schweizer Supermarktkette Migros wird „Nano“ sogar zur Manie.

Abb. 10: Roman Fuchs, Geschäftsführer von FME GmbH.



Kontakt

Dr. Roman Fuchs
FME GmbH – Fuchs Materials & Engineering
RhyTech
Badische Bahnhofstrasse 16
CH-8212 Neuhausen am Rheinfall

Tel.: +41 (0)52 674 99 33
Mobile: +41 (0)79 449 05 16
E-Mail: info@fme-gmbh.ch
Internet: www.fme-gmbh.ch

