

# Nanotechnologie: Nach dem Lotuseffekt die Fotokatalyse?

Text und Bilder Norbert Wicki\*

**Die Praxis hat gezeigt, dass Fassadenfarben mit Lotus-Effekt trotz aller Marketingversprechungen gleichwohl verschmutzen und der stolze Preis nicht durch bessere Eigenschaften begründet ist. Nun sollen fotokatalytische Beschichtungen für selbstreinigende Fassaden und gesunde Wohnluft sorgen. Was ist darunter zu verstehen und welche Erfahrungen liegen vor? So viel sei bereits verraten: Es ist nicht alles Gold, was glänzt.**

Das Prinzip der Fotokatalyse durch den Einsatz von Titandioxid ist seit langem bekannt und wird seit einigen Jahren unter anderem für selbstreinigendes Fensterglas oder selbstdesinfizierende Oberflächen genutzt. Durch Bestrahlung von Titandioxid mit UV-Licht wird an dessen Oberfläche eine fotokatalytische Reaktion in Gang gesetzt. Aus angelagertem Wasser und Sauerstoff werden Radikale gebildet, die in der Lage sind, organische Schadstoffe, Schmutz und Bakterien zu zersetzen (Bild 1).

\* Entwicklungsbereichsleiter, Karl Bubenhofer AG,  
9201 Gossau, wicki.norbert@kabe-farben.ch

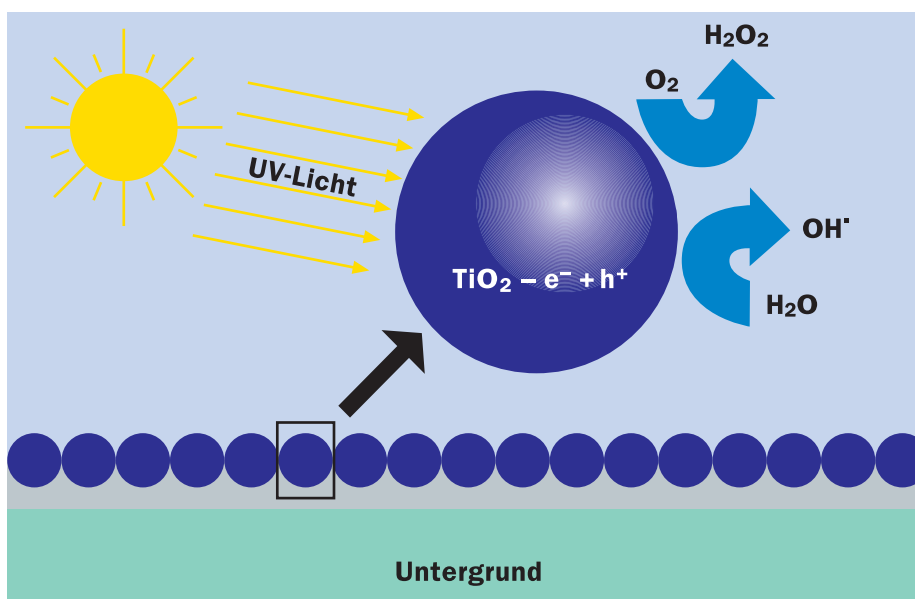
Äusserst wirkungsvoll sind sehr feinteilige Titandioxide der Anatas-Struktur. Sind die Primärteilchen deutlich kleiner als 100 Nanometer (1 nm = 1 Millionstelmillimeter) spricht man von Nano-Titandioxid.

Leider unterscheiden die gebildeten OH-Radikale nicht zwischen organischen Schad- und Nutstoffen, womit die Gefahr besteht, dass durch die fotokatalytische Reaktion nicht nur abgelagerter Schmutz und anhaftende Bakterien, sondern auch organische Bindemittel, Hilfsstoffe und organische Pigmente abgebaut werden, was sich in frühzeitiger Kreidung, Verlust von positiven Filmeigenschaften und Farbtonveränderungen bemerkbar machen könnte.

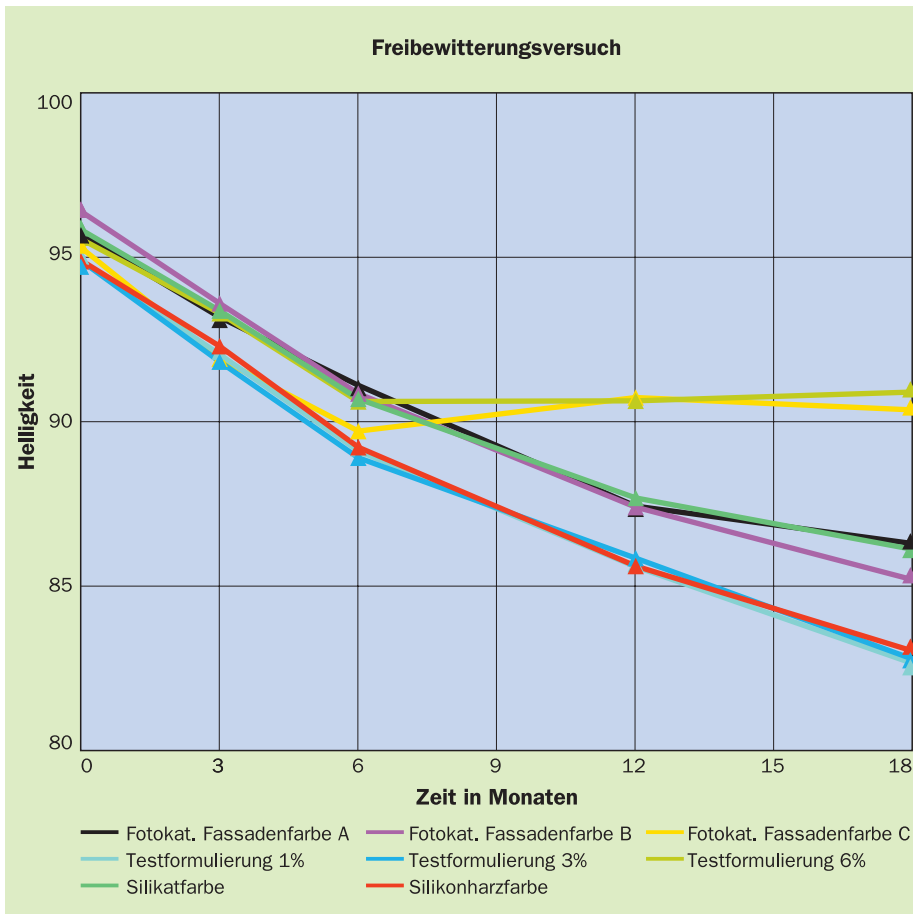
## Prüfung verschiedener Fassadenbeschichtungen

Die Entwicklungsabteilung der Karl Bubenhofer AG (Kabe) beschäftigt sich seit vielen Jahren mit dieser Thematik und prüft laufend am Markt angebotene Wettbewerbsprodukte, so auch neue Fassadenfarben, die gemäss Herstellerangaben den Mechanismus der Fotokatalyse für eine geringere Verschmutzung nutzen.

Aufgrund der geschilderten Problematik muss der Einsatz von fotokatalytisch aktivem Nano-Titandioxid sehr sorgfältig auf die Zusammensetzung der Beschichtungsstoffe abgestimmt werden. Es ist daher sehr wichtig, das



**1** So funktioniert die Fotokatalyse: Durch UV-Licht angeregtes Titandioxid ( $\text{TiO}_2$ ) zersetzt Wasser zu reaktiven OH-Radikalen und bildet mit Sauerstoff Wasserstoffperoxid ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ). Dies ermöglicht die Zersetzung organischer Substanzen.



**2** Die Helligkeit nimmt bei zwei der Testprodukte ab dem 6. Monat nicht mehr ab, allerdings nicht, weil die Fotokatalyse die Verschmutzung gestoppt hätte, sondern weil die Produkte zu kreiben anfangen.

Anschmutzverhalten unter Berücksichtigung der auftretenden Kreibung und einer allfälligen Farbtonveränderung bei Bunttönen zu prüfen. Zu diesem Zweck laufen bei Kabe seit Frühling 2005 umfangreiche Wetterstandsversuche.

In Bild 2 sind die Ergebnisse einiger Proben aus dieser Freibewitterung abgebildet. Dabei handelt es sich um drei am Markt erhältliche fotokatalytische Fassadenfarben, zwei Standardprodukte von Kabe sowie um Laborversuchs-

produkte mit 1%, 3% und 6% fotokatalytischem Titandioxid.

Aufgeführt ist die Helligkeit der Beschichtung vor der Bewitterung sowie nach 3, 6, 12 und 18 Monaten Freibewitterung am Wetterstand 45° Süd. Die Abnahme der Helligkeit gilt dabei als Mass für die bei der Bewitterung aufgetretene Verschmutzung. Wie die Grafik zeigt, nahm die Helligkeit in den ersten 6 Monaten bei allen Formulierungen vergleichbar ab, d.h., alle Proben sind vergleichbar verschmutzt.

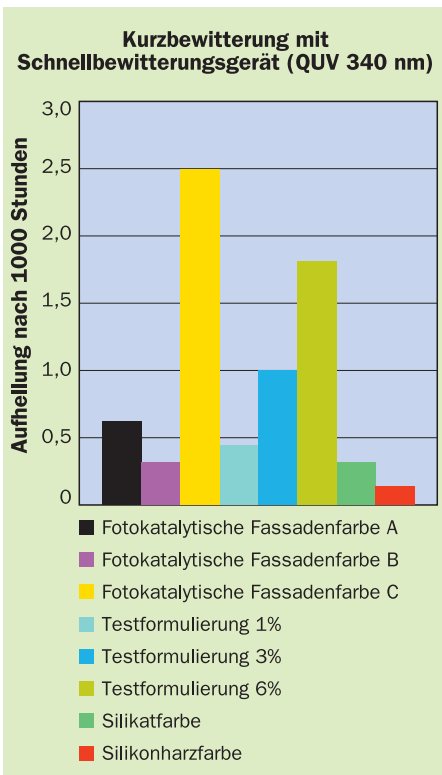
Interessant ist nun die Entwicklung zwischen 6 und 18 Monaten. Während die Helligkeit bei fast allen Proben weiter abnimmt, die Verschmutzung somit fortschreitet, verläuft die Kurve für die fotokatalytische Fassadenfarbe C und die eigene Testformulierung mit 6% Nano-Titandioxid parallel zur Zeitachse, d.h., die Helligkeit ist konstant geblieben, die beiden Produkte sind mit anderen Worten nicht mehr weiter verschmutzt. Warum? Wurde der anfallende Schmutz fotokatalytisch abgebaut? Doch warum erst nach 6 Monaten und nicht schon zu Beginn der Bewitterung?

#### **Kreibung statt Selbstreinigung**

Die Antwort ist einfach und wird klar, wenn neben der Helligkeit auch andere Filmeigenschaften geprüft werden. Nicht der Schmutz, sondern das Bindemittel der Farbe wurde abgebaut, was bereits nach 6 Monaten Freibewitterung zu einer starken und zunehmenden Kreibung dieser beiden Produkte geführt hat.

Von Silikatfarben ist bekannt, dass sich eine leichte und erwünschte Kreibung (sog. Edelkreibung) durchaus positiv auf das Anschmutzverhalten auswirken kann. Bei einer so ausgeprägten Kreibung, wie sie bei der fotokatalytischen Fassadenfarbe C und der Testformulierung mit 6% Nano-Titandioxid aufgetreten ist, muss jedoch mit einer frühzeitigen Abwitterung der Beschichtung gerechnet werden.

Bei weissen oder sehr hellen Farbtonen macht sich die aufgetretene Kreibung zumindest optisch nicht bemerkbar. Bei Bunttönen (auch mit anorganischen Pigmenten) führt sie jedoch bereits nach kurzer Zeit zu einer deut-



**3** Test derselben Farben wie in Bild 2 im Schnellwitterungsgerät QUV bei 340 nm. Die Farbtonveränderung ist auf den Abbau des Bindemittels durch Fotokatalyse zurückzuführen.

lichen Farbtönen und damit verbundenen Reklamationen.

Die Problematik kann anhand der gemessenen Farbtönen im Schnellwitterungsgerät (QUV 340 nm) aufgezeigt werden (Bild 3). Da für den blauen NCS-Farbtönen ausschließlich anorganische Pigmente eingesetzt wurden, ist die starke Farbtonveränderung nicht auf eine Zerstörung des Pigments, sondern auf den Abbau des organischen Bindemittels und die damit verbundene Lichtstreuung am freigesetzten Füllstoff zurückzuführen.

Die Versuche zeigten, dass der Einsatz fotokatalytischen Nano-Titandi-

oxids keinen direkten Abbau der Verschmutzung bewirkt, sondern eine frühzeitige Kreidung, wodurch die Beschichtung oberflächlich abgebaut wird. Da dieser Effekt für die meisten Fassadenbeschichtungen grundsätzlich unerwünscht ist und zudem auch mit normalem Titandioxid erreicht werden kann, ist der Einsatz nanoskaligen Titandioxids kritisch zu betrachten.

**Luftreinigung durch fotokatalytische Innenwandfarben?**

Die Idee ist genial: Innenwandfarben oder Innenputze mit Fotokatalysatoren bauen durch die Einwirkung von Licht Luftschadstoffe und schlechte Gerüche ab und hinterlassen dauerhaft frische und saubere Atemluft. So verspricht es zumindest die Werbung.

Fotokatalytische Reaktionen mit Titandioxid werden üblicherweise mit UV-Licht im Bereich 320–388 nm in Gang gesetzt. Da UV-Licht in Innenräumen aber fast vollständig fehlt, müssen für diese Anwendung Katalysatoren zur Verfügung stehen, die durch sichtbares Licht (ca. 400–600 nm) aktiviert werden können. Dazu wurden sogenannte VLC-Katalysatoren (visible-light catalyst) entwickelt. Da ihre Aktivität im sichtbaren Bereich trotzdem sehr gering ist, muss die Wirkung unter möglichst praxisgerechten Lichtverhältnissen beurteilt werden.

**Abbau organischer Flecken**

Zur Prüfung der Wirksamkeit fotokatalytischer Innenwandfarben wurden Proben von Ketchup, Kaffee, rotem Traubensaft, Methylenblau und Leuchtmarker aufgetragen. Anschliessend wurde die Veränderung dieser Flecken unter dem Einfluss von diffusem Licht in

Fenster Nähe verfolgt und fotografisch festgehalten.

Es ist klar, dass dies keine wissenschaftliche Methode ist, zumal die aufgetragene Menge der Prüfsubstanzen stark von der Saugfähigkeit der Beschichtung abhängt. Dennoch wurde versucht, eine Korrelation zu den Ergebnissen aus der nachfolgend beschriebenen Prüfkammermethode abzuleiten. Denn eines ist klar: Ist die Beschichtung fotokatalytisch wirksam, so wird sie eine Veränderung der aufgetragenen organischen Substanzen bewirken. Dies könnte sich in einer Entfärbung, aber durchaus auch in einer zusätzlichen Verfärbung bemerkbar machen.

Bild 4 zeigt die Ergebnisse dieser «Ketchupmethode» nach zwei Monaten. Geprüft wurden drei am Markt erhältliche fotokatalytische Innenfarben sowie drei eigene Testformulierungen, die sich nur durch die Art des eingesetzten Fotokatalysators unterscheiden.

Auffallend bei den drei Testformulierungen sind sowohl die Intensivierung der Ketchup- und Traubensaftflecken (1. und 3. Fleck von oben) als auch das stärkere Ausbleichen der Methylenblauflecken (4. Fleck) sowie die aufgetretene Kreidung. Vergleicht man diese Ergebnisse mit den Resultaten der nachfolgend beschriebenen Prüfkammermethode, so scheint ein fotoaktives System eine Intensivierung der Ketchup- und Traubensaftflecken und – was zu erwarten war – eine verstärkte Kreidung zu bewirken.

**Prüfkammer zur Ermittlung der Reaktion in der Gasphase**

Bei einer zweiten, extern durchgeführten Prüfung wurden die gleichen Beschichtungen in einer speziellen Prüf-



4 Flecken von Ketchup, Kaffee, Traubensaft und Methylenblau (von oben nach unten) auf unterschiedlichen Beschichtungen (links drei Testformulierungen, rechts drei Marktprodukte), nachdem sie in einem Innenraum zwei Monate lang dem Tageslicht ausgesetzt waren. Keiner der Beschichtungen kann eine überzeugende reinigende Wirkung attestiert werden.

kammer definierten Schadstoffen wie Toluol, Azetaldehyd oder Propanol ausgesetzt. Mithilfe exakter Analysemethoden wurde der unter definierter Belichtung erfolgte Abbau der Prüfsubstanzen verfolgt und – wie im Falle von 2-Propanol – die Bildung des Abbauprodukts Azeton aufgezeichnet, die ein Mass für die fotokatalytische Aktivität ist.

Die Resultate sind in der Tabelle aufgeführt und der Fleckenmethode gegenübergestellt. Die drei Marktprodukte schneiden bei dieser Beurteilung enttäuschend ab. Einzig das Marktprodukt A weist unter diesen Bedingungen eine minimale Aktivität auf. Bei weiteren Prüfungen, welche mit sichtbarem Licht durchgeführt wurden, konnte auch bei Produkt A keine Aktivität mehr festgestellt werden.

**Luftverschmutzung statt Luftreinigung?**

Die Prüfungen zeigen, dass es mit fotokatalytischen Beschichtungen (Testfor-

mulierungen 1–3) grundsätzlich möglich ist, organische Verbindungen abzubauen. Vorhandene Luftschadstoffe werden aber nicht direkt in Kohlendioxid und Wasser abgebaut. Als Beispiel sei hier das sich beim Abbau von 2-Propanol bildende Azeton aufgeführt. Daher ist die Frage nach den sich bei der Fotokatalyse bildenden Abbauprodukten ein zentraler Punkt, der in Zusammenarbeit mit führenden Instituten weiter untersucht werden soll, denn es ist nicht sinnvoll, wenn Produkte, welche die Luft reinigen sollen, zugleich gesundheits-schädliche Spaltprodukte freisetzen.

Generell muss man sich natürlich die Frage nach der Wirksamkeit der Produkte unter Praxisbedingungen stellen. Selbst die deutlich aktiveren Testformulierungen weisen bei der Kammerprüfung mit sichtbarem Licht eine nur noch beschränkte Wirksamkeit auf. In der Praxis sind sowohl die Lichtverhältnisse wie auch die Luftströmung deutlich un-

günstiger, womit der Wirkungsgrad gegen Null tendieren wird.

Wer dennoch etwas für gesunde Luft in Innenräumen unternehmen will, wird mit einem zusätzlichen Lüften pro Tag mehr erreichen als mit jeder fotokatalytischen Beschichtung. Und soll es trotzdem eine fotochemische Reaktion sein, so bietet sich die Fotosynthese einer jeden Grünpflanze an, die zudem noch den Vorteil hat, dass am Tag erfrischender Sauerstoff und nicht Kohlendioxid produziert wird. Das Beste daran: Es muss nicht einmal eine Lotosblume sein ...

Fotokatalytische Effekte bei verschiedenen Beschichtungen				
Lichtquelle	Xenonlampe ( UV-Licht)		Licht hinter Fenster (mit UV-Anteil)	
Probe	Abbaurrate von 2-Propanol	Bildung von Azeton (ppm/h)	Ketchup nach 2 Monaten	Kreidung nach 2 Monaten
Marktprodukt A	0,1	9	minim intensiver	minime Kreidung
Marktprodukt B	0,0	1	unverändert	keine Kreidung
Marktprodukt C	0,0	0	unverändert	keine Kreidung
Testformulierung 1	4,2	251	viel intensiver	leichte Kreidung
Testformulierung 2	5,2	403	viel intensiver	leichte Kreidung
Testformulierung 3	1,3	168	viel intensiver	starke Kreidung