

# Fluor – Nur noch für Zähne

**OBERFLÄCHENADDITIVE** // PER- UND POLYFLUORALKYLSUBSTANZEN (PFAS) SIND AUFGRUND IHRER AUSSERGEWÖHNLICHEN STABILITÄT UND BESTÄNDIGKEIT GEGEN WASSER, ÖL UND FETT SEIT DEN 1940ER-JAHREN IN VERSCHIEDENEN INDUSTRIEN WEIT VERBREITET UND FINDEN VIELE ANWENDUNGEN. AUS NACHHALTIGKEITSGRÜNDEN UND ANGESICHTS REGULATORISCHER ENTWICKLUNGEN WERDEN ZUNEHMEND UMWELTFREUNDLICHERE ALTERNATIVEN GESUCHT.

Philipp Teriete, Brigitte Weber und Volker Thyssen-Wallner, Byk

In der Lackindustrie werden Fluortenside und andere fluorhaltige Additive eingesetzt. Diese Additive haben einen starken Einfluss auf die Oberflächenspannung und -energie von Lacken und Beschichtungen. Durch die Reduzierung der Oberflächenspannung können Lacke entsprechende Untergründe gleichmäßiger benetzen, was zu einer verbesserten Optik und Funktionalität der Beschichtung führt. Zudem erhöhen sie teilweise die Beständigkeit gegen Wasser, Öl und Schmutz, was die Langlebigkeit und die Schutzwirkung der Lacke verbessert.

### Was macht Fluortenside aus?

Fluortenside können kationisch, anionisch oder nicht-ionisch aufgebaut sein (Abb. 1). Der Fluorgehalt und die Fluorkomponente variieren dabei. In einigen Fällen dient die Fluorkomponente auch als Modifizierung anderer Polymere.

In Summe ergibt sich ein sehr breites Produktportfolio, das die unterschiedlichsten Effekte sowohl auf einen flüssigen Beschichtungsstoff als auch auf den finalen Beschichtungsfilm haben kann. Durch die einzigartigen Charakteristika des Fluors ist es dabei möglich, verschiedenste Eigenschaften zu erzielen, die teilweise schon mit sehr niedrigen Dosierungen erreicht werden können. Aufgrund ihrer sehr geringen intermolekularen Wechselwirkungen können schon kleinste Dosierungen die Oberflächenspannung stark reduzieren. Die stark kovalenten, äußerst stabilen C-F-Bindungen können zu einer stark ausgeprägten Hydrophobie führen, wodurch z. B. die Schmutzanhaftung in Beschichtungen verringert werden kann.

Aus Nachhaltigkeitsgründen und angesichts der regulatorischen Entwicklungen suchen viele Unternehmen nach umweltfreundlicheren Alternativen zu fluorhaltigen Additiven. Silikonhaltige Additive sind eine vielversprechende Alternative, denn sie können ähnliche Effekte wie Fluortenside erzielen, insbesondere in Bezug auf die Reduzierung der Oberflächenspannung und die Verbesserung der Oberflächenenergie. Der Schlüssel zum Erfolg liegt in der richtigen Auswahl und Kombination der silikonhaltigen Additive.

### Empfehlungen für PFAS-freie Oberflächenadditive

PFAS-haltige Additive werden weltweit in verschiedenen Anwendungsbereichen und Beschichtungsarten eingesetzt. Im ersten Schritt ist es von besonderer Bedeutung zu verstehen, warum ein bestimmtes Additiv in einem spezifischen Beschichtungssystem verwendet wird, um anschließend eine effektive Alternative zu identifizieren. Abhängig von der Eigenschaft, die beeinflusst werden soll, bieten sich unterschiedliche chemische Ansätze als Lösung an. Mit dem gewünschten Ziel im Blick und unter Berücksichtigung aller Einschränkungen lassen sich hervorragende Lösungen finden.

### Reduktion der statischen Oberflächenspannung

Gute Untergrundbenetzung findet statt, wenn die Oberflächenspannung des Beschichtungssystems gleich oder leicht niedriger ist als die Oberflächenenergie des Substrats. Insbesondere in wässrigen Systemen stoßen viele herkömmliche Additive an ihre Grenzen, weil die Oberflächenspannung eines solchen Systems meist deutlich höher ist als bei lösemittelhaltigen Systemen. Sind Silikone in der Anwendung unproblematisch, kann für eine moderate Reduzierung der Oberflächenspannung oft ein Polysiloxan eingesetzt werden. In wässrigen Systemen werden für eine starke Reduzierung der Oberflächenspannung häufig Silikontenside eingesetzt. Um PFAS-freie Alternativen zu Fluortensiden zu finden, sollte zuerst das Anforderungsprofil an das Produkt ermittelt werden. Vergleicht man die auf dem Markt verfügbaren und

etablierten fluorhaltigen Additive, stellt sich heraus, dass die Produkte einen unterschiedlich starken Einfluss auf die Reduzierung der Oberflächenspannung haben. Daher kann es auch eine Bandbreite PFAS-freier Alternativen mit unterschiedlich starkem Einfluss auf die Oberflächenspannung geben.

In Abb. 2 lässt sich erkennen, dass 0,02 % Wirksubstanz (Ws.) Fluortensid 1 und 2 einen schwachen Einfluss auf die Oberflächenspannung von Wasser haben. Ausgehend von Wasser ohne Oberflächenadditiv mit 72,8 mN/m, kann eine Reduktion auf 45 mN/m erreicht werden. Ein vergleichbarer Effekt kann auch mit einem silikon- und lösemittelfreien Tensid auf Basis einer Mischung aus modifizierter Bernsteinsäure und -estern erzielt werden.

Betrachtet man Fluortensid 3–7, ebenfalls mit 0,02 % Wirksubstanz in Wasser, so zeigt sich ein moderater Einfluss auf die Oberflächenspannung. Diese wird durch die eingesetzten Produkte um 44 mN/m bis 49 mN/m reduziert. Wird dieser Reduktionsbereich angestrebt, bietet sich ein polyethermodifiziertes Polydimethylsiloxan oder weitere unterschiedlich modifizierte Polysiloxane an, die zum direkten Vergleich herangezogen und als Alternativen eingesetzt werden können. Das Fluortensid 8 ist besonders effektiv bei der Reduktion der Oberflächenspannung. Es zielt darauf ab, die Oberflächenspannung erheblich zu verringern. Alternative Produkte können auch hier aus der Gruppe der polyethermodifizierten Polydimethylsiloxane gewählt werden. Unterschiedliche Kettenlängen und Modifikationen ermöglichen eine vergleichbar starke Reduktion ohne den Einsatz von Fluor.

In diesem direkten Vergleich wurde die Wirkung mit einer Dosierung der Wirksubstanz von 0,02 % ermittelt. In der Praxis empfiehlt es sich, eine Dosierungsreihe zu prüfen, um die gewünschte Wirkung gezielt einzustellen. Vergleicht man diese Erkenntnisse nun mit den Ergebnissen in einem wässrigen 2K-PU-Klarlack (Abb. 3) kann man feststellen, dass sich die Tenside ähnlich verhalten. In Abb. 3 ist zu erkennen, dass der

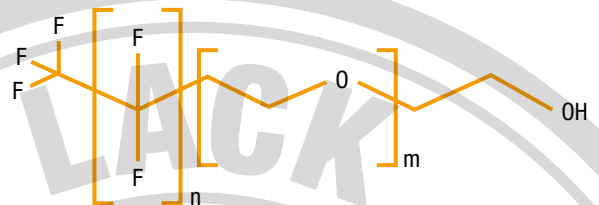


Abb. 1 // Schematischer Aufbau eines nichtionischen Fluortensids.

### Ergebnisse auf einen Blick

- Mit PFAS-freien, silikonhaltigen und silikonfreien Additiven lassen sich die Oberflächenspannung und -energie deutlich reduzieren und weitere Eigenschaften positiv beeinflussen.
- Durch die Auswahl und Anwendung ausgewählter Additivlösungen können Lackhersteller hochwertige und leistungsfähige Beschichtungen produzieren, die ohne Fluor nachhaltiger sind und den aktuellen regulatorischen Anforderungen entsprechen.
- Für jedes PFAS-haltige Additiv gibt es eine PFAS-freie Alternative.

Klarlack ohne Tensid bereits eine Oberflächenspannung von 34,2 mN/m aufweist. Diese kann durch den Einsatz von nur 0,1 % Wirksubstanz fluorfreiem Tensid auf knapp unter 30,0 mN/m gesenkt werden. Durch diese moderate Reduktion und den gleichzeitigen Ausgleich von Oberflächenspannungsdifferenzen kann nicht nur die Benetzung verbessert, sondern auch der Verlauf signifikant verbessert werden. Fluorhaltige Tenside reduzieren die Oberflächenspannung teilweise sehr stark, was nicht unbedingt immer notwendig ist, und beeinflussen auch weitere Eigenschaften. Sie stabilisieren z. B. den Schaum deutlich stärker als ähnlich eingesetzte fluorfreie Produkte. Mit einem Aufschäumtest kann dieser Einfluss untersucht werden. Eine Bewertung mit „Note 1“ steht hierbei für eine schaumfreie Applikation und eine Bewertung

mit „Note 5“ für eine starke Schaumstabilisierung in der Applikation. Die Bewertung erfolgt nach Durchtrocknung der Beschichtung. In der Auswertung ist ersichtlich, dass die fluorfreien Tenside deutlich weniger Schaum stabilisieren. Nahezu alle Fluortenside zeigen sehr starken Einfluss auf die Stabilisierung von Schaum.

**Spreitungsverhalten von Flüssigkeiten**

Ein weiterer Aspekt, der für den Einsatz von Fluortensiden untersucht werden kann, ist der Einfluss auf das Spreitungsverhalten von Lösemitteln auf verschiedenen Substraten. Dies ist insbesondere in den Anwendungsbereichen von Bedeutung, in denen diese Produkte zur Optimie-

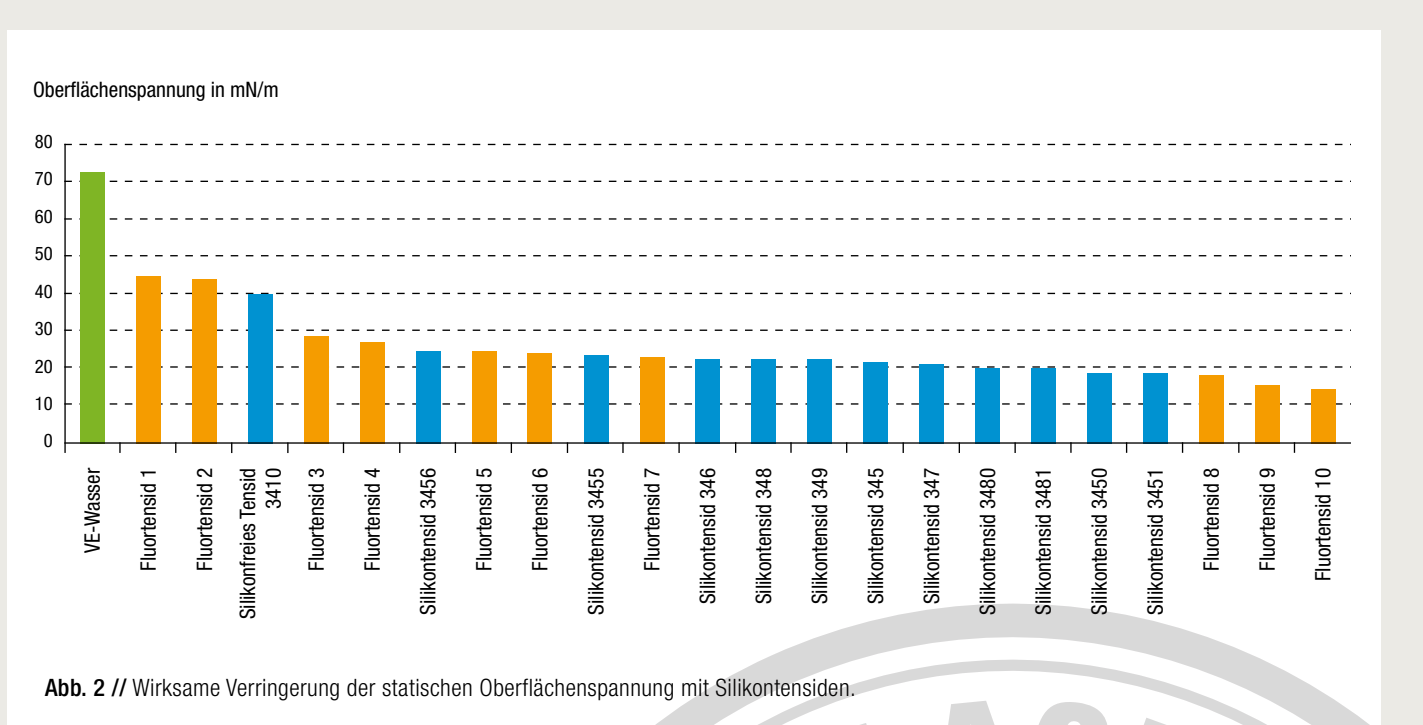


Abb. 2 // Wirksame Verringerung der statischen Oberflächenspannung mit Silikontensiden.

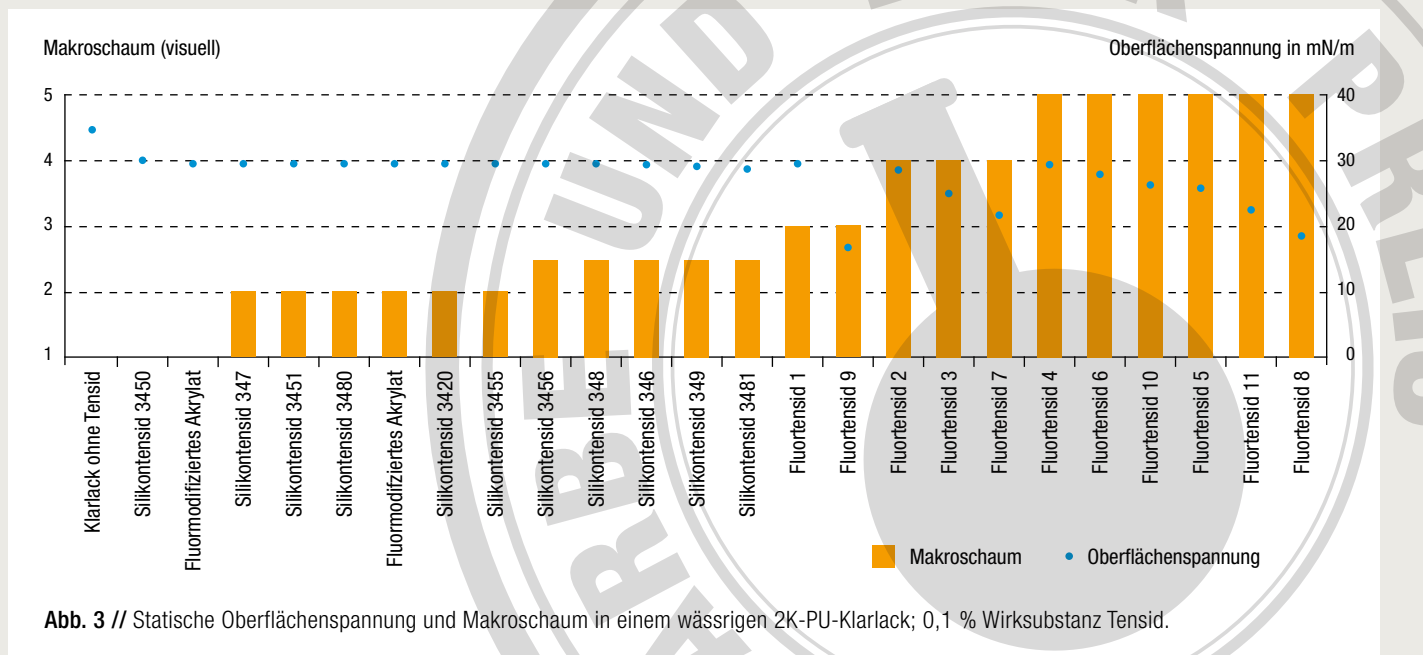
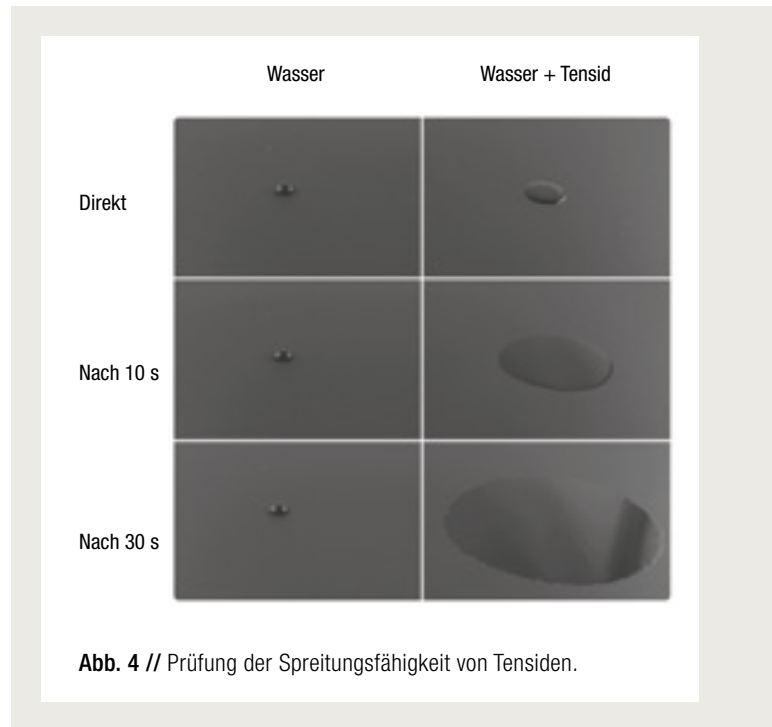


Abb. 3 // Statische Oberflächenspannung und Makroschaum in einem wässrigen 2K-PU-Klarlack; 0,1 % Wirksubstanz Tensid.

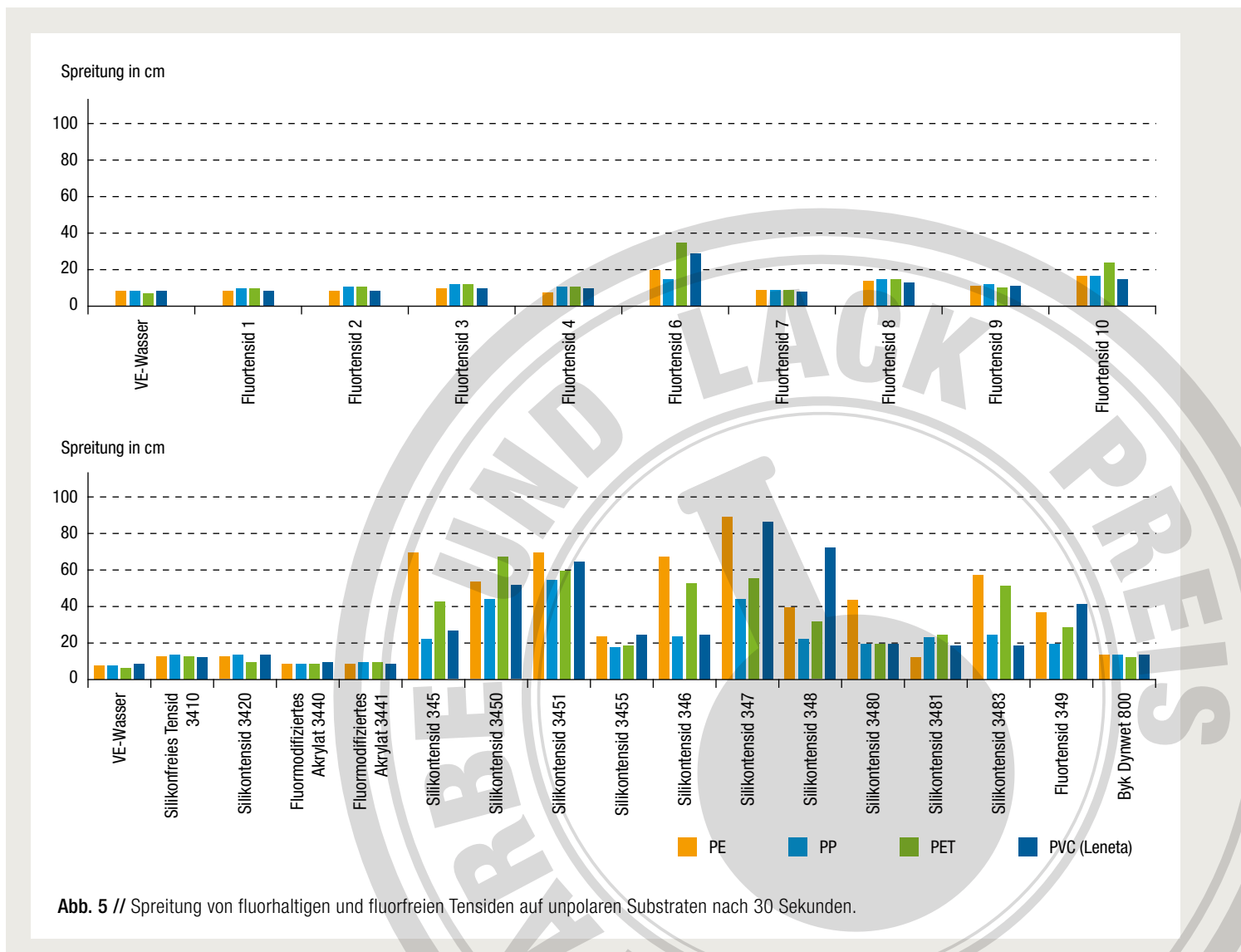
rung der Oberflächenbenetzung und des Verlaufs von Beschichtungen auf Substraten eingesetzt werden.

Für den Spreitungsversuch werden die Additive in die entsprechenden Lösemittel eingearbeitet und nach 24-stündiger Konditionierung auf das unpolare Substrat, z. B. Polyethylen (PE), Polypropylen (PP), Polyethylenterephthalat (PET) und Polyvinylchlorid (PVC), aufgetropft. Eine Menge von 0,01 ml wird entnommen und drucklos aufgetropft. Nach 10 und 30s wird die Ausbreitung gemessen. *Abb. 4* veranschaulicht den Unterschied zwischen einem Tropfen reinen Wassers auf einer PVC-Folie im Vergleich zu einem Tropfen Wasser mit zugesetzten Tensiden. Reines Wasser benetzt das Substrat nicht, während das zugesetzte Tensid eine sofortige Spreitung bewirkt. Auch der Einfluss der Zeit ist deutlich zu erkennen, sodass für vergleichbare Ergebnisse bei diesem ansonsten einfachen Versuch die Messzeit sehr genau eingehalten werden muss.

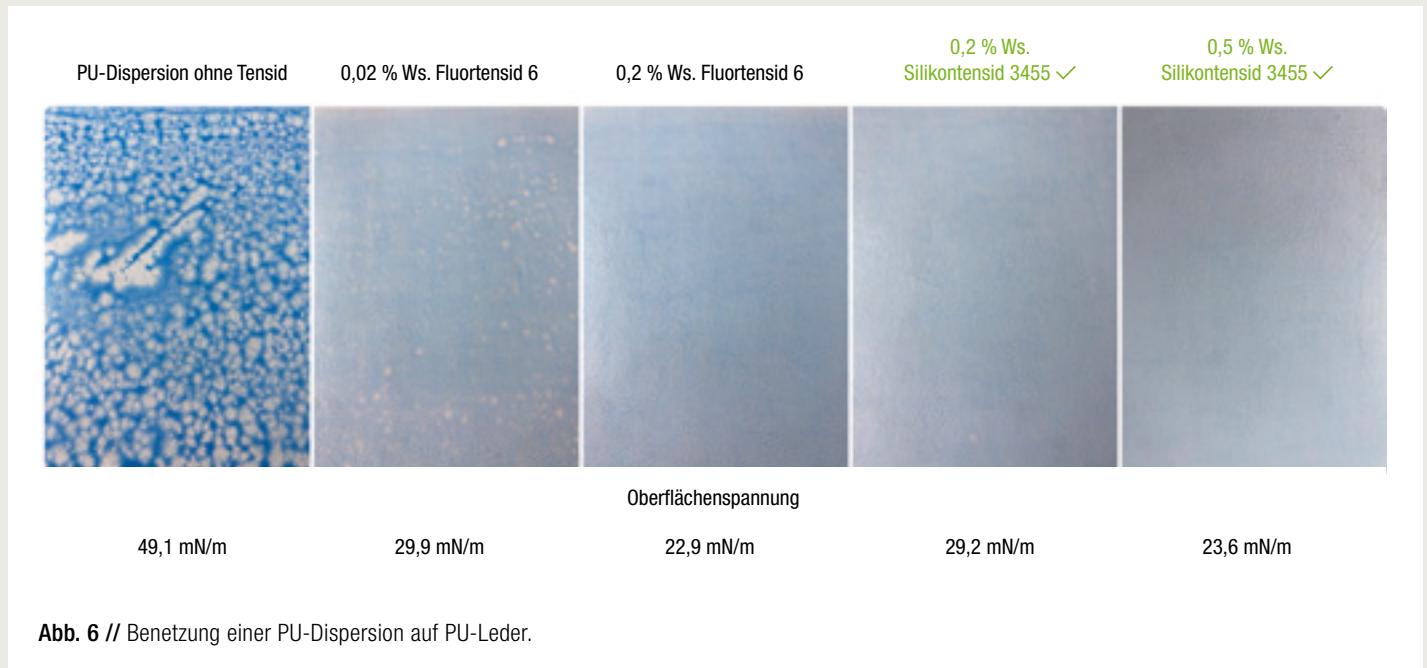
Mithilfe dieses Tests können die Fluortenside untereinander und mit den verfügbaren Alternativen gut verglichen werden. In *Abb. 5* sind die unterschiedlichen Ergebnisse, die bei der Spreitung von Wasser ermittelt werden konnten, dargestellt. Generell kann hier kein großer Einfluss der Fluortenside auf das Spreitungsvermögen festgestellt werden. Die ausgewählten Produkte sind nicht in der Lage, die Spreitung auf den unpolaren Substraten signifikant zu verbessern. Eine Ausnahme bilden die Fluortenside 6 und 10, welche eine minimal stärkere Verbesserung erzielen. Im Vergleich der Ergebnisse mit den Silikon-



**Abb. 4** // Prüfung der Spreitungsfähigkeit von Tensiden.



**Abb. 5** // Spreitung von fluorhaltigen und fluorfreien Tensiden auf unpolaren Substraten nach 30 Sekunden.



tensiden, die in Lacken und Beschichtungen eingesetzt werden, zeigt sich, dass auch die fluormodifizierten Acrylate „Byk-3440“ und „Byk-3441“ kaum Spreitung zeigen. Fluorfreie Tenside zeigen einen deutlich stärkeren Einfluss auf das Spreitungsverhalten. So können unter anderem Produkte aus der Gruppe der polyether-modifizierten Polysiloxane den Durchmesser des aufgetragenen Tropfens auf allen Substraten um ein Vielfaches im Vergleich zum tensidfreien Wasser erhöhen. Je nach Substrat und gewünschter Benetzbarkeit finden sich effektive Ergebnisse mit verschiedenen Silikontensiden. Generell verbessern die fluorfreien Produkte das Spreitungsverhalten signifikant.

#### Benetzungsverhalten ohne Fluortenside

Eine Eigenschaft, die in direktem Zusammenhang mit dem Verlauf von Beschichtungen, der Oberflächenspannung und der Oberflächenenergie von Substraten steht, ist die Benetzbarkeit der Substrate. Es wurde gezeigt, dass Fluortenside die Oberflächenspannung beeinflussen, aber oft wenig Einfluss auf das Spreitungsverhalten haben. Die Betrachtung des direkten Benetzungsverhaltens in einer Beschichtung auf einem Substrat kann daher entscheidend für einen erfolgreichen Austausch gegen andere Oberflächenadditive sein. Ein Beispiel ist in *Abb. 6* dargestellt. Die PU-Dispersion ohne Tensid ist nicht in der Lage, das Substrat aus PU-Leder zu benetzen. Auch die anfänglich eingesetzte Menge von 0,02 % Wirksubstanz Fluortensid kann zwar die Be-

netzung verbessern und die Oberflächenspannung deutlich senken, aber noch kein optimales Bild erzeugen. Erst, wenn die Einsatzmenge erhöht wird, zeigt sich ein optimiertes Benetzungsverhalten und eine ansprechende Oberfläche in Verbindung mit einer sehr niedrigen Oberflächenspannung. Der gleiche Effekt kann auch mit fluorfreier Chemie erzielt werden. Die notwendige Einsatzmenge von 0,2 % Wirksubstanz Fluortensid kann durch ein fluorfreies Tensid ersetzt werden, um das Erscheinungsbild zu optimieren und die Oberflächenspannung zu reduzieren. Auch in diesem Fall weist die Gruppe der polyethermodifizierten Polysiloxane vergleichbare Eigenschaften auf und bildet eine gute Positionierung als fluorfreie Alternative. Es zeigt sich, dass mit einem Fluortensid die Oberflächenspannung deutlich stärker gesenkt werden muss (hier im Beispiel auf 22,9 mN/m), um eine gute Benetzung zu gewährleisten. Ein Silikontensid erreicht diesen Effekt bereits mit 29,2 mN/m. Bei besonders schwer zu benetzenden Substraten kann die Dosierung des Silikontensids erhöht werden.

#### Verlauf ohne Fluortenside

Auch wenn die Benetzung der verschiedenen Substrate und Oberflächen optimal eingestellt ist, gibt es noch eine weitere Eigenschaft, die berücksichtigt werden muss. Wichtig für das Finish jeder Beschichtung sind die Verlaufseigenschaft und die Erzeugung einer homogenen und gleichmäßigen Oberfläche. Betrachtet man die Ergebnisse in *Abb. 7*, so ist der Unterschied im Erscheinungsbild sehr gut zu erkennen. Im Kreuzgang wurde ein Floor Polish aufgetragen und das Verhalten an den

Tab. 1 // Oberflächeneigenschaften einer Fußbodenbeschichtung.

	Floor polish ohne Tensid	0,5 % Ws. Fluortensid 11	0,5 % Silikontensid 349	Substrat Vinyl-Komposit- fliese
Oberflächenspannung/ Oberflächenenergie (mN/m)	36,2	25,3	29,8	27,0
Dispers	28,8	9,0	19,0	22,0
Polar	7,4	16,3	10,8	5,0

Schnittflächen betrachtet. Obwohl die Oberflächenspannung durch das Fluortensid deutlich herabgesetzt wird, kann keine vollständige Benetzung des Substrats erreicht werden (Tab. 1). Im Vergleich zur Floor Polish ohne Tensid ist zwar eine Verbesserung zu erkennen, jedoch ist auch hier ein unvollständiger Verlauf zu sehen. Für einen optimalen Verlauf der Beschichtung darf die Oberflächenspannung nicht zu weit abgesenkt werden, sondern muss sich der des Substrats annähern. Außerdem müssen die polaren und dispersen Anteile denen des Substrats hinsichtlich ihres Verhältnisses angepasst werden. Ohne entsprechende Optimierung kann hier kein gutes Ergebnis erzielt werden. Wie schon beschrieben, können polyethermodifizierte Polysiloxane hier einen Vorteil ausspielen. Die Benetzung wird verbessert, ohne die Oberflächenspannung zu stark abzusenken oder die polaren und dispersen Anteile des Lacks zu stark zu verändern. Dies ermöglicht einen besseren Verlauf der Beschichtung. Die Applikationsspuren sind bereits deutlich reduziert, das Substrat ist vollständig abgedeckt und die Oberfläche homogen. Auch die Werte für polare und disperse Anteile sind näher an denen des Substrats.

Kontakt // [philipp.teriete@altana.com](mailto:philipp.teriete@altana.com)

Mehr zum Thema!



31 Ergebnisse für Oberflächenadditive!  
Jetzt testen: [www.farbeundlack.de/360](http://www.farbeundlack.de/360)

#### PHILIPP TERIETE

studierte nach seiner Ausbildung zum Lacklaboranten Lackingenieurwesen in Krefeld. Er sammelte Erfahrung in den Bereichen Pulverlacke, Coil Coatings und Industriebeschichtungen. Nach seiner Tätigkeit als Laborleiter für Additive für Can Coatings, Coil Coatings und Industrielacke verantwortet er seit Mai 2025 das Anwendungstechnische Labor für Netzen und Dispergieren.



#### BRIGITTE WEBER

studierte nach ihrer Ausbildung als Maler- und Lackiererin Lackingenieurwesen in Stuttgart und arbeitete im technischen Service Coil Coating und OEM, bevor sie 1995 in den Coil Coatings Bereich von Byk wechselte. Sie übernahm 2004 als End Use Managerin die Verantwortung für den Bereich Can & Coil Coatings und ist seit 2015 als Global Head of End Use Special Coatings tätig.



#### VOLKER THYSEN-WALLNER

begann nach dem Studium des Lackingenieurwesens in Krefeld seine berufliche Laufbahn 1997 bei Herberts (heute Axalta) in Köln und später in Wuppertal im Bereich Autoreparaturlacke. Im Jahr 2001 wechselte er zu Actega Rhenania als Technical Sales im Bereich Can & Coil Coating, bevor er 2006 zu Bykam. Nach fast 20 Jahren als Laborleiter im End Use Can & Coil Coating und als Leiter der Anwendungstechnik Oberfläche in der Forschung & Entwicklung ist er seit 2025 als Global Product Manager Surface & Defoamer Additives tätig.



## INTEGRIERTE SCHUTZBARRIERE: DER S-LINER BARRIER



FÜR EINEN WIRKUNGSVOLLEN  
SCHUTZ VOR PERMEATION NACH  
INNEN UND NACH AUSSEN.



BARRIERE- UND SCHUTZFUNKTION  
MITTELS FOLIEN-TECHNIK  
FLEXIBEL AN VERSCHIEDENE  
ANFORDERUNGEN ANPASSBAR.

DIE VORTEILHAFTHE ALTERNATIVE  
ZUM METALLEIMER.

**SAIER**  
VERPACKUNGSTECHNIK

SAIER Verpackungstechnik  
Reutiner Straße 7  
72275 Alpirsbach

Telefon: +49 7444 611 210  
E-Mail: [info@saier-web.de](mailto:info@saier-web.de)  
Website: [www.saier-web.de](http://www.saier-web.de)

