

Netz- und Dispergieradditive

Willkommen in der interaktiven Welt der BYK Additive. Diese multimediale Broschüre zum Thema „Netz- und Dispergieradditive“ unterstützt Ihre Arbeit mit interaktiven Grafiken, faszinierenden Animationen und Videos zur Darstellung chemischer Prozesse.



01

Warum werden Netz- und Dispergieradditive eingesetzt?

Einer der wichtigsten Schritte bei der Herstellung pigmentierter Lacke ist die feine und gleichmäßige Verteilung der **festen** Pigmente in der **flüssigen** Bindemittellösung. Wenn dieser Verfahrensschritt der Pigmentanreibung nicht optimal abläuft, kann es zu einer Reihe von Defekten kommen, wie:

Flockulation
Glanzreduzierung
Farbtonverschiebung
Ausschwimmen,
Bildung von Bénard-Zellen
Absetzen.

Auch Eigenschaften, die mit dem Fließverhalten des Lacksystems zusammenhängen, wie:

Ablaufen
Verlaufen

können dann negativ beeinflusst werden.



Mögliche Lackdefekte...

Phthalocyaninblau und Titandiosid; Bildung von Bènard-Zellen



Glanzreduzierung durch größere (flockulierte) Pigmentteilchen



Ausschwimmen: Pigmente in einer Pigmentmischung entmischen sich. Organisches Rotpigment und Titandiosid; Ausschwimmen wird sichtbar gemacht durch Rub-out Test



Absetzen: größere (flockulierte) Pigmentteilchen bilden leichter einen Bodensatz



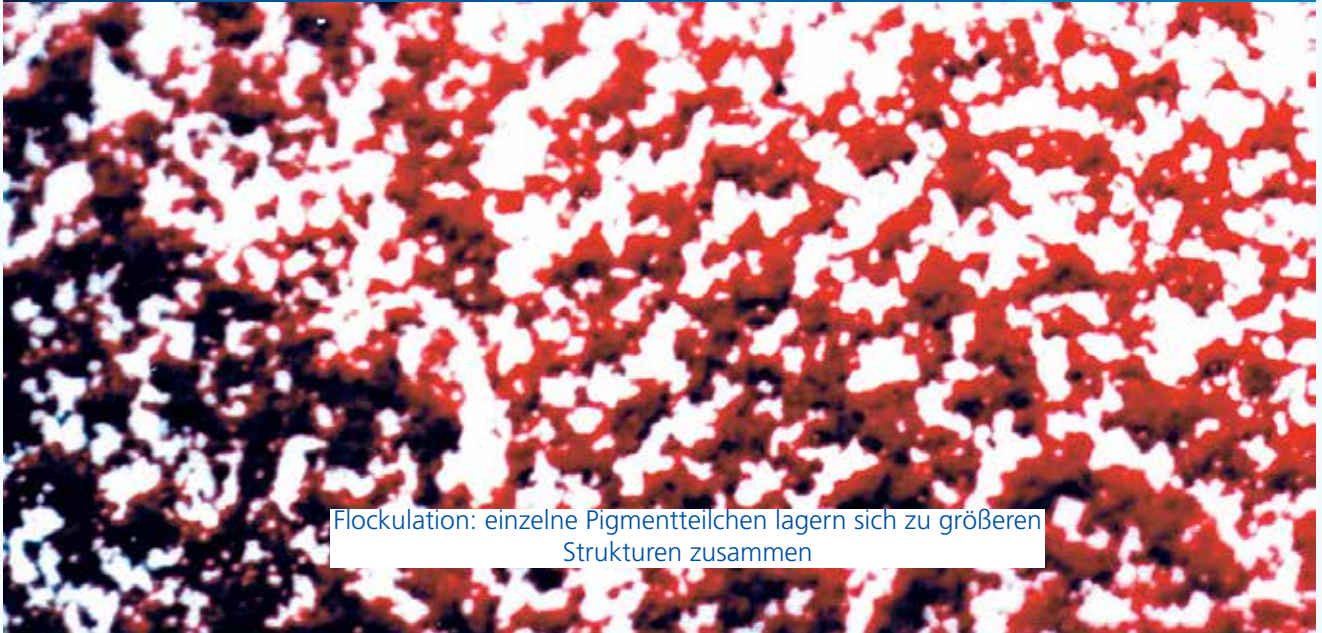
Läuferbildung bei Applikation in höherer Schichtdicke



Läuferbildung bei Applikation in höherer Schichtdicke



Schlechter Verlauf



Flockulation: einzelne Pigmentteilchen lagern sich zu größeren Strukturen zusammen

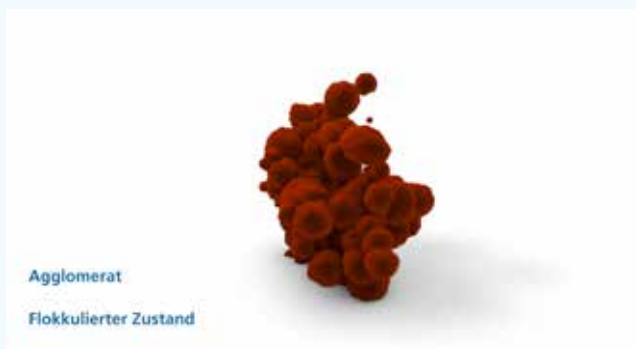
02

Die Pigmentdispergierung

Pigmente werden üblicherweise in Form von trockenen Pigmentpulvern in Lacke eingearbeitet, wobei die Pigmente nicht als Primärteilchen vorliegen, sondern als Agglomerate. Die Agglomerate stellen Zusammenlagerungen mehrerer Pigmentteilchen dar, die in den Zwischenräumen Luft und Feuchtigkeit enthalten; die einzelnen Pigmentteilchen stehen lediglich über Ecken und Kanten miteinander in Kontakt. Die Wechselwirkungskräfte zwischen den Teilchen sind relativ gering, so dass sie mit den üblichen Dispergieraggregaten überwunden werden können.

Bei der Pigmentdispergierung werden die Pigmentagglomerate durch Schlag- und Scherkräfte aufgebrochen, was im Idealfall bis zu den Primärteilchen führt. Bei diesem Prozess wird dem Lacksystem Energie zugeführt und es entstehen kleinere Teilchen mit einer größeren Grenzfläche zur Harzlösung. Das System ist bestrebt, aus dem energiereichen Zustand wieder in einen energieärmeren überzugehen: die fein verteilten Pigmente lagern sich wieder zu größeren Strukturen zusammen, die dann als Flockulate bezeichnet werden. Dies äußert sich beispielsweise in geringerer Farbstärke, Glanzverlust und veränderter Rheologie. Die Flockulate sind von der Struktur her den Agglomeraten sehr ähnlich, allerdings sind die Pigment-Zwischenräume jetzt mit Bindemittellösung gefüllt statt mit Luft.

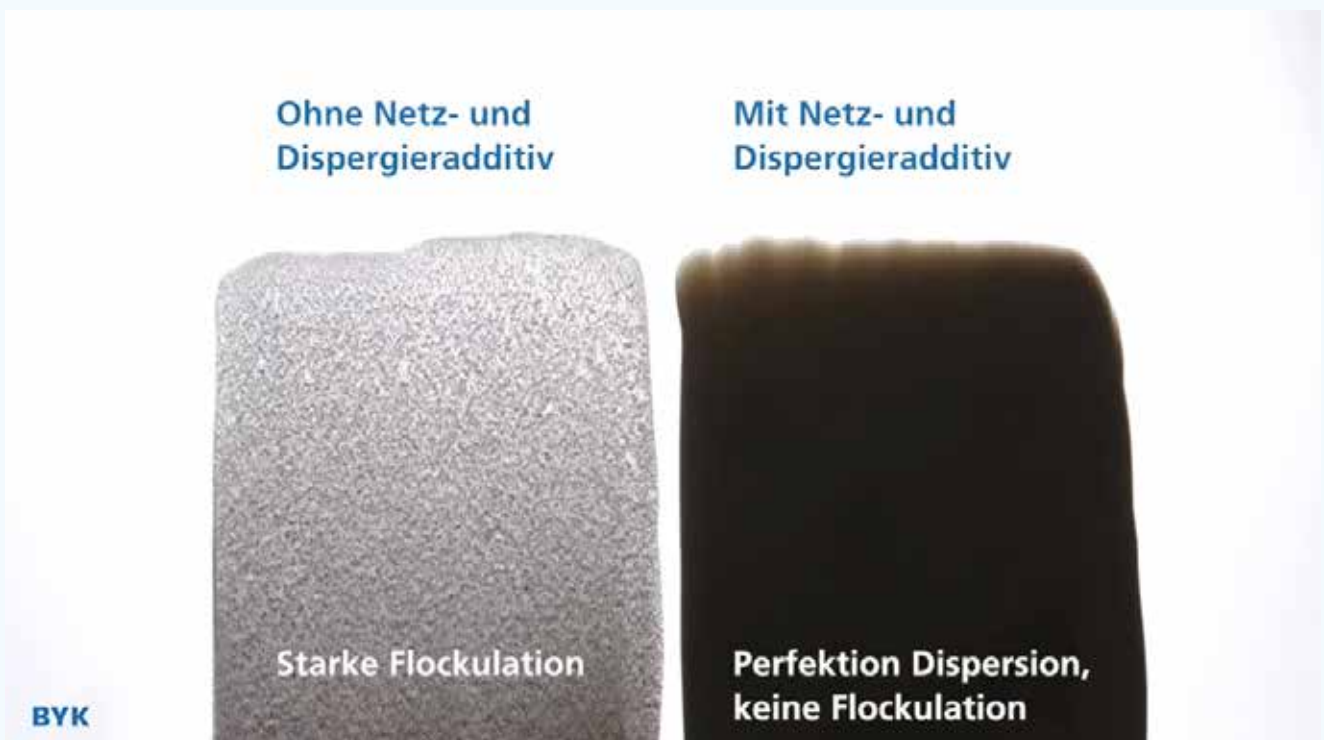
Pigmentdispergierung und -flockulation



Flockulation/Deflockulation: zwei Lacktropfen (organisches Rotpigment) unter dem Mikroskop



Flockulation/Deflockulation: zwei Dispersionen eines feinteiligen Rußpigments im Durchlicht



03

Der Dispergierprozess

Die Vorgänge, die bei der Pigmentdispergierung ablaufen, lassen sich in drei Phasen gliedern. Im **1. Schritt** werden die an der Pigmentoberfläche befindliche Luft und Feuchtigkeit verdrängt und durch Bindemittelösung ersetzt. Die Bindemittelösung **benetzt** die Pigmentteilchen und die Grenzfläche fest/gasförmig (Pigment/Luft) wird umgewandelt in die Grenzfläche fest/flüssig (Pigment/Bindemittelösung). Die Bindemittelösung muss hierzu in die Zwischenräume des Agglomerates eindringen.

Der **2. Schritt** stellt das eigentliche **Dispergieren** des Pigmentes dar. Durch mechanische Energie (Schlagenergie, Scherkräfte) werden die Pigmentagglomerate zerteilt und so in ihrer Teilchengröße reduziert.

Im **3. Schritt** schließlich muss die Pigmentdispersion **stabilisiert** werden, um die nicht erwünschte unkontrollierte Flockulation zu verhindern. Durch geeignete Maßnahmen, die später im Detail beschrieben werden, gelingt es, die einzelnen Pigmentteilchen auf Abstand zu halten, so dass sie sich nicht zusammenlagern können. Für die meisten Anwendungen ist die Stabilisierung des deflockulierten Zustandes ideal; in einigen Fällen kann die Pigmentdispersion aber auch – wie später gezeigt wird – über eine kontrollierte Flockulation stabilisiert werden.

Die Schritte 1 (Netzen) und 3 (Stabilisieren) lassen sich durch Additive optimieren. **Netzadditive** beschleunigen die Benetzung der Pigmentagglomerate durch das Bindemittel. **Dispergieradditive** verbessern die Stabilisierung der Pigmentdispersion. Oft wirkt ein und das selbe Produkt sowohl als Netzadditiv, als auch als Dispergieradditiv.

Im Schritt 2, dem eigentlichen Dispergieren der Pigmentagglomerate, können Additive nicht helfen, auch wenn der Begriff „Dispergier“-additive das nahelegt. Hier ist es wichtig, dass die mechanischen Kräfte groß genug sind, um die Agglomerate zu zerteilen und dass die Verweildauer der Agglomerate im Wirkungsbereich dieser Kräfte lang genug ist. Wenn die Agglomerate möglichst weitgehend aufgebrochen sind, können die Dispergieradditive diesen erreichten Zustand dann stabilisieren und die Flockulation wirkungsvoll unterdrücken.

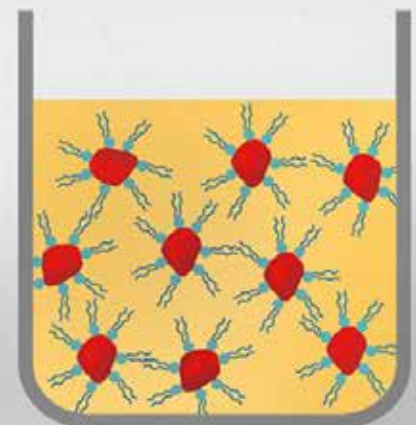
1 Netzen



2 Dispergieren



3 Stabilisieren



04

Netzadditive

Die Benetzung der Pigmentagglomerate durch die Bindemittellösung wird von vielen Faktoren beeinflusst. Die Eindringgeschwindigkeit der flüssigen Phase in die Agglomeratzwischenräume läßt sich – unter stark vereinfachenden Annahmen – mathematisch durch die **Washburn-Gleichung** beschreiben.

$$v = \frac{dl}{dt} = \frac{r}{2l\eta} \cdot \gamma \cos \Theta$$

v = Eindringgeschwindigkeit
l = Eindringtiefe

t = Zeit
r = Kapillarradius

η = Viskosität der flüssigen Phase
 γ = Oberflächenspannung der flüssigen Phase

Θ = Kontaktwinkel

Die Kapillaren zwischen den Pigmentteilchen werden als zylindrische Röhren mit dem Radius r angenommen. Der erste Faktor auf der rechten Seite der Gleichung zeigt, dass für eine schnelle Benetzung (hohe Eindringgeschwindigkeit) lose gepackte Agglomerate (r ist groß) und eine niedrige Viskosität günstig sind. Die Agglomeratstruktur kann aber vom Lackhersteller nicht beeinflusst werden und die Möglichkeiten zur Viskositätsreduzierung sind auch sehr begrenzt.

Der zweite Faktor sieht vielversprechender aus: hier haben wir die Oberflächenspannung der eindringenden Flüssigkeit und den Kontaktwinkel. Beide Größen werden durch **Netzadditive** beeinflusst, aber sie sind nicht unabhängig voneinander: geringer Kontaktwinkel und hohe Oberflächenspannung sind nicht gleichzeitig zu realisieren. In der Praxis wird die Oberflächenspannung durch Netzadditive soweit abgesenkt, dass der Kontaktwinkel nahe bei Null liegt; noch niedrigere Oberflächenspannungswerte sollten vermieden werden.

Netzadditive kann man definieren als Substanzen, die den Kontaktwinkel zwischen Pigment und Bindemittellösung reduzieren und auf diese Weise die Eindringgeschwindigkeit in die Agglomeratstruktur erhöhen. Charakteristisch für solche Substanzen ist ihre **Tensid-Struktur**: polare, hydrophile Strukturelemente und unpolare, hydrophobe Strukturelemente sind in einem Molekül vereint. Aufgrund dieses Aufbaus sind solche Verbindungen grenzflächenaktiv, d.h. im Falle der Netzadditive wandern sie in die Grenzfläche Pigment/Bindemittellösung. Vom chemischen Gesichtspunkt her können Netzadditive als ionisch oder nichtionisch klassifiziert werden, je nachdem wie das polare Segment im Molekül aufgebaut ist. Das unpolare Segment wird in der Regel durch Kohlenwasserstoffketten realisiert.

Pigmentbenetzung



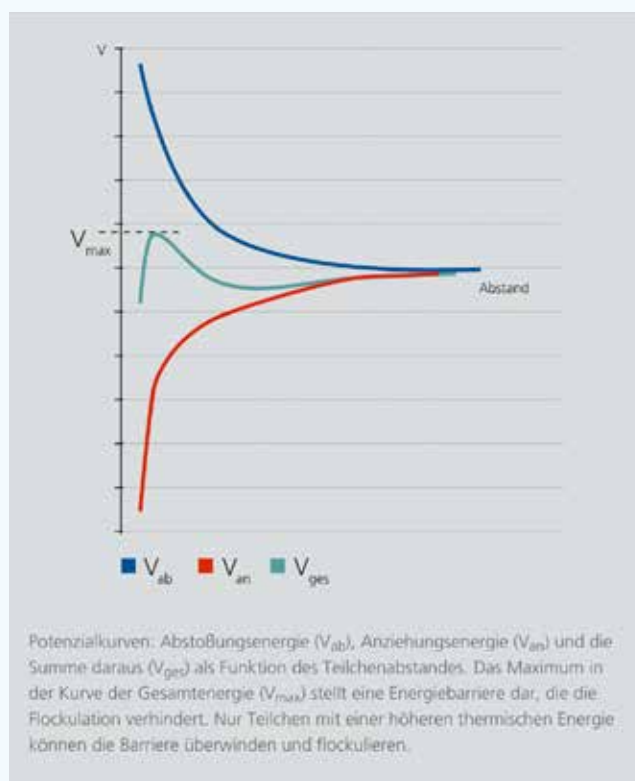
05

Dispergieradditive

Dispergieradditive werden benötigt, um den nach der Pigmentanreibung erreichten Zustand (feine Verteilung der Pigmentpartikel in der Bindemittellösung) über längere Zeiträume zu **stabilisieren**, das heißt, die Flockulation der Pigmente zu verhindern.

Ursache für die Flockulation sind die zwischen den Partikeln wirksamen anziehenden London-van der Waals-Kräfte. Diese Kräfte sind zwar nur über eine geringe Distanz wirksam, aber durch die Brown'sche Molekularbewegung kommt es immer wieder zu Kollisionen der Partikel oder zumindest zu starker Annäherung und damit zur Flockulation.

Um ein System gegen Flockulation zu stabilisieren, müssen abstoßende Kräfte zwischen den Partikeln ins Spiel kommen. Das Zusammenspiel der Anziehungs- und Abstoßungsenergie zwischen Partikeln wird üblicherweise in Form der Potenzialkurven dargestellt. Die Summe beider Kurven ergibt die Gesamtenergie.



Dispergieradditive adsorbieren auf der Pigmentoberfläche und führen zu starken abstoßenden Kräften zwischen den Pigmentteilchen. Die Teilchen werden dadurch auf Abstand gehalten und die Neigung zur unkontrollierten Flockulation reduziert. In der Praxis geschieht das durch **elektrostatische Abstoßung** und/oder **sterische Stabilisierung**. Beide Stabilisierungsmaßnahmen sollen im folgenden näher betrachtet werden.

Durch Deflockulation wird in einem Lacksystem ein eher newton'sches Fließverhalten eingestellt und die Viskosität generell reduziert. Auf diese Weise verbessert sich das Verlaufsverhalten und eine höhere Pigmentierung ist möglich.

Durch die kleine Teilchengröße der deflockulierten Pigmente sind hohe Glanzgrade erzielbar und die Farbstärke wird ebenfalls erhöht. Desgleichen erhöhen sich Transparenz oder Deckfähigkeit, abhängig davon, ob das betreffende Pigment als deckendes oder transparentes Pigment vom Hersteller konzipiert wurde. **Deflockulation** führt ganz allgemein zu einer besseren, effizienteren Ausnutzung der Pigmente, was insbesondere bei den teilweise recht teuren organischen Pigmenten auch aus wirtschaftlichen Gründen nicht unwichtig ist.

Der Flockulationsgrad hat auch Einfluss auf den Farbton eines Pigmentes; wenn beispielsweise bei Lagerung ein System zur Flockulation neigt, kann sich dies auch in einer Farbtonveränderung äußern. In den Fällen, in denen dies besonders kritisch ist (z.B. bei Basislacken eines Mischlacksystems oder bei sehr hochwertigen Lacksystemen), ist die vollständige Deflockulation der einzige Weg zu Lacken mit definiertem und konstantem Farbton. Generell ist für alle pigmentierten Decklacksysteme eine gute Deflockulation aller Pigmente äußerst vorteilhaft und wünschenswert.

06

Elektrostatische Stabilisierung

Durch dissoziierte ionische Strukturen in der Feststoffoberfläche und durch selektive Ionenadsorption kommt es dazu, dass in einer flüssigen Phase dispergierte Feststoffpartikel **elektrische Ladungen** tragen. Da das gesamte System elektrisch neutral ist, muss in der angrenzenden Flüssigkeit die entsprechende Anzahl Gegenionen vorhanden sein. Man spricht von einer elektrischen Doppelschicht, die sich nach dem Modell von Stern zusammensetzt aus einer adsorptiv gebundenen und einer diffusen Schicht.

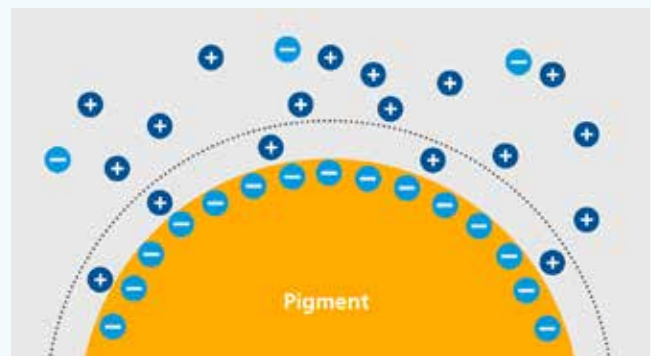
Nähern sich zwei Teilchen, so beeinflussen sich die Doppelschichten; bei gegensätzlicher Ladung ziehen sie sich an, bei gleichnamiger Ladung stoßen sie sich ab. Das Zusammenspiel zwischen diesen elektrostatischen Kräften und den anziehenden London-van der Waals-Kräften wird durch die DLVO-Theorie beschrieben.

Durch Additive kann die Oberflächenladung der Pigmentpartikel stark beeinflusst werden: durch gezielte Erzeugung starker Ladungen wird ein hohes Abstoßungspotential erzielt und damit die Flockulation zurückgedrängt. Als Dispergieradditive, die auf diese Weise wirken, sind insbesondere Polyelektrolyte geeignet, die aufgrund ihrer Polymerstruktur leicht und dauerhaft auf der Pigmentoberfläche adsorbieren und durch ihre Vielzahl von ionischen Gruppen eine starke Oberflächenladung bewirken.

Diese Art der Stabilisierung ist im Wesentlichen auf wässrige Systeme beschränkt, da sich nur hier (wegen der hohen Dielektrizitätskonstante des Wassers) ausreichend starke Ladungen ausbilden. Im Prinzip funktioniert dieser Mechanismus ebenfalls in organischen Lösungsmitteln, allerdings sind die Oberflächenladungen wesentlich geringer, d.h. die Dicke der elektrischen Doppelschicht ist deutlich reduziert und in den meisten Fällen für eine wirksame Verhinderung der Flockulation nicht ausreichend.

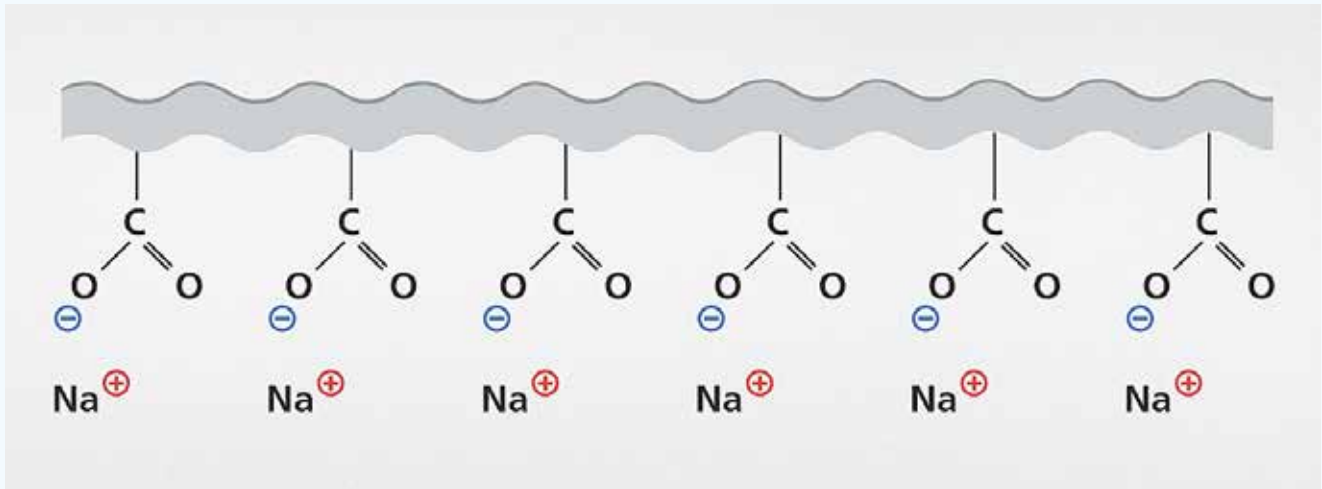
Neben der Dielektrizitätskonstante hat auch die Ionenkonzentration und vor allem die Wertigkeit der Ionen einen starken Einfluss auf die elektrische Doppelschicht. Hohe Ionenkonzentration und mehrwertige Ionen (bereits in geringer Konzentration) können die Stabilisierung erheblich verschlechtern und sogar ganz zusammenbrechen lassen.

Elektrische Doppelschicht um ein negativ geladenes Teilchen



Adsorptiv gebundene Schicht (Sternschicht) und diffuse Schicht

Natriumpolyacrylat als typischer Polyelektrolyt



Die in der Lackindustrie gebräuchlichen Dispergieradditive, die über elektrostatische Effekte wirken, sind Polyphosphate und Polyacrylate als Kalium-, Natrium- oder Ammoniumsalz.

Neben der reinen Ladungsbeeinflussung ist teilweise (abhängig von der Polymerstruktur) auch noch ein Beitrag zur Stabilisierung durch sterische Effekte zu beobachten. Die Polyacrylate sind vom Aufbau her bindemittelähnlicher und beeinflussen damit die getrockneten Filme weniger als die Polyphosphate. Die Phosphate haben den Vorteil, dass sie auch geeignet sind mehrwertige Ionen (z.B. Calcium) im System zu komplexieren und dadurch den negativen Einfluss dieser Ionen auf den Stabilisierungsmechanismus auszuschalten.

Dispergieradditive dieses Typs haben sich seit Jahrzehnten in wässrigen Dispersionsfarben bewährt und sind auch heute noch erfolgreich im Einsatz.

Dispergieradditive auf Polyelektrolytbasis für wässrige Systeme sind reine Dispergieradditive und weisen praktisch keinerlei Pigmentbenetzungseigenschaften auf. Wenn die Pigmentbenetzung ebenfalls verbessert werden soll, müssen sie also mit entsprechenden Netzadditiven kombiniert werden.

07

Sterische Stabilisierung

Statt mit elektrischen Ladungen lässt sich auch durch auf der Oberfläche **adsorbierte Polymerschichten** ein Abstoßungspotential zwischen dispergierten Partikeln aufbauen. Jedes Teilchen ist von einer Hülle aus solvatisierten Polymermolekülen umgeben und bei Annäherung zweier Teilchen überlappen und durchdringen sich diese Polymerhüllen.

Dadurch erhöht sich im Überlappungsbereich die Polymerkonzentration und durch den osmotischen Druck wird Lösemittel in diesen Bereich transportiert, das die Teilchen auf diese Weise wieder auseinander drängt. Außerdem werden im Überlappungsbereich die Polymermoleküle in ihrer Konformation eingeschränkt, was eine Reduzierung der Entropie bedeutet und sich deswegen ebenfalls als Abstoßungspotential darstellt. Je nach System ist neben dem entropischen auch noch ein enthalpischer Beitrag zur Stabilisierung möglich.

Gibbs-Helmholtz-Gleichung

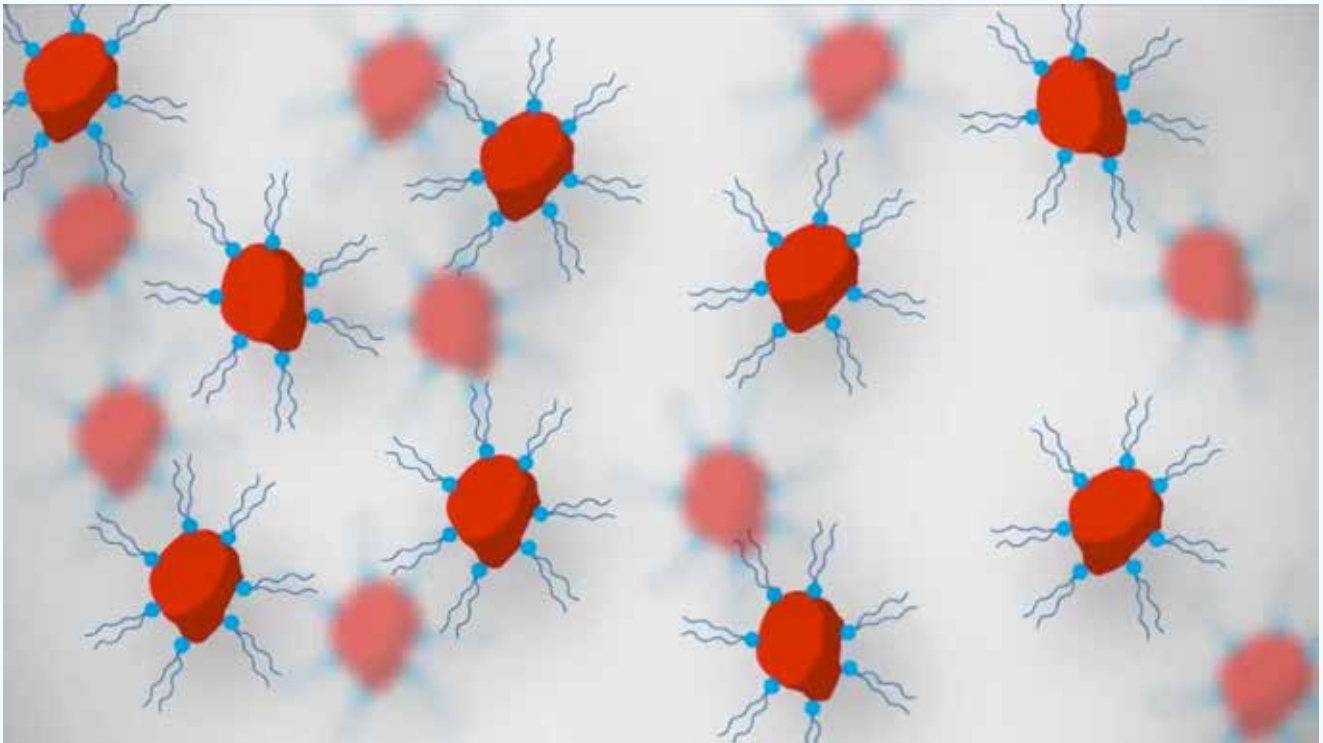
$$\Delta G_F = \Delta H_F - T \cdot \Delta S_F$$

Um Flockulation zu verhindern, muss die freie Energie ΔG_F dieses Vorganges positiv sein. Wenn sowohl ΔH_F als auch ΔS_F negativ sind, der Betrag des Entropieterms aber größer als der des Enthalpieterms ist, ergibt sich ein positiver Wert für ΔG_F und wir haben den Fall der entropischen Stabilisierung. Ist ΔH_F positiv so ist das System erst recht stabil und in diesem Fall haben wir auch einen enthalpischen Beitrag zur Stabilisierung.

Geeignete Additive weisen generell zwei typische Strukturmerkmale auf: zum einen enthalten solche Produkte eine oder mehrere sogenannte **pigmentaffine Gruppen** (Ankergruppen, Haftgruppen), die für eine feste und möglichst dauerhafte Adsorption auf der Pigmentoberfläche verantwortlich sind. Das zweite charakteristische Merkmal sind die **bindemittelverträglichen Ketten**, die nach der Adsorption des Additivs auf der Pigmentoberfläche möglichst weit vom Pigment abstehen und in die umgebende Bindemittellösung hineinreichen sollen.

Diese Schicht adsorbierter Additivmoleküle mit den herausstehenden Polymerketten bewirkt nun den oben beschriebenen Stabilisierungseffekt und damit die Deflockulation der Pigmente. Der Effekt wird noch dadurch verstärkt, dass die Polymere des Lackbindemittels mit den Polymersegmenten des Additivs in Wechselwirkung treten und die Adsorptionsschicht verstärken können.

Pigmente mit adsorbierten Additivmolekülen



Pigmente mit adsorbierten Additivmolekülen. Bei Annäherung der Pigmentteilchen durchdringen sich die Polymersegmente und es kommt zur sterischen Stabilisierung.

Durch ihre spezifische Struktur aus pigmentaffinen Gruppen (polar) und bindemittelverträglichen Ketten (weniger polar) haben diese Additive auch deutliche **Tensideigenschaften**, d.h. neben ihrer Eigenschaft die Pigmentdispersion durch sterische Hinderung zu stabilisieren, wirken sie über ihre Tensidstruktur auch als **Netzadditiv**. Eine zusätzliche Dosierung von speziellen Netzadditiven ist also beim Einsatz dieser Netz- und Dispergieradditive nicht notwendig.

Für eine wirksame Stabilisierung sollte die Additivhülle um die Pigmentteilchen möglichst dick sein, eine Dicke über ca. 10 nm wird im Allgemeinen als ausreichend angesehen. Das bedeutet, dass die Polymersegmente der Additive möglichst gut solvatisiert sein müssen, d.h. sie müssen eine **gute Verträglichkeit** mit der umgebenden Bindemittellösung aufweisen. Bei schlechter Verträglichkeit falten sich die Polymersegmente zusammen und liegen dann dicht auf der Pigmentoberfläche: die Stabilisierung gegen Flockulation ist dann äußerst gering. Bei der Additivauswahl für ein bestimmtes System kommt also der Verträglichkeit zwischen dem Additiv und dem Bindemittel große Bedeutung zu.

Der Mechanismus der sterischen Stabilisierung ist sowohl in wässrigen als auch in nicht-wässrigen Systemen einsetzbar; die Additive müssen natürlich in ihrer Verträglichkeit entsprechend eingestellt sein. Während die elektrostatische Stabilisierung praktisch nur in wässrigen Systemen funktioniert, gilt diese Einschränkung also bei der sterischen Stabilisierung nicht.

08

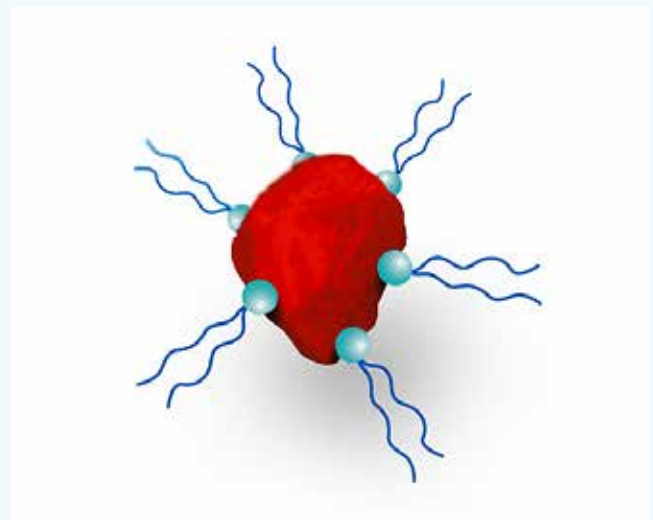
Deflockulierende Netz- und Dispergieradditive

Niedermolekulare Polymere

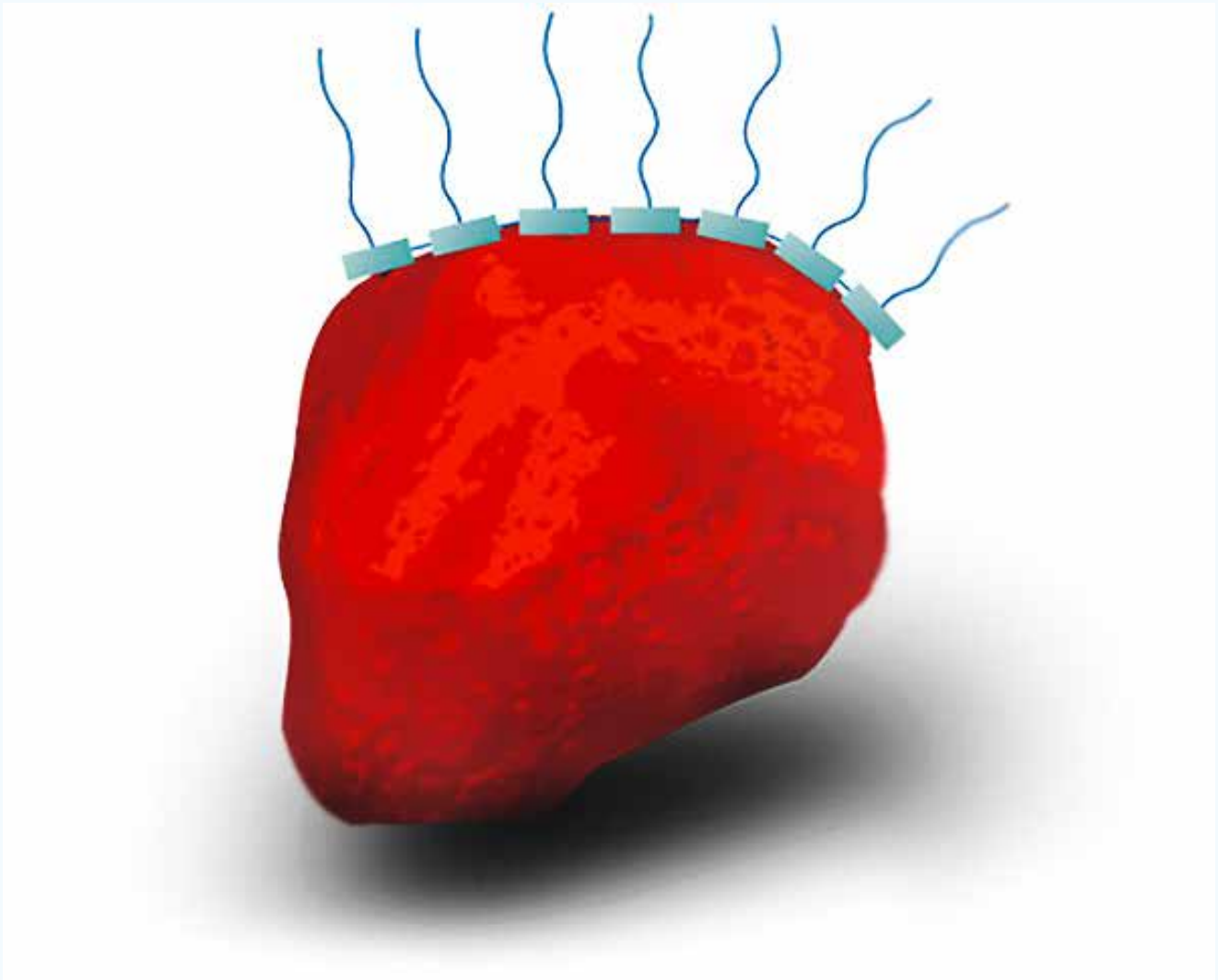
Seit langer Zeit sind Netz- und Dispergieradditive verfügbar, häufig auf Fettsäurechemie-Basis, die pro Molekül eine Haftgruppe (anionisch, kationisch, nicht-ionogen) aufweisen und die als niedermolekulare Polymere eingestuft werden können. Sie wirken deflockulierend und haben sich insbesondere zur Stabilisierung anorganischer Pigmente bewährt und sind auch heute noch im Einsatz. Zu dieser Gruppe gehört z.B. das lang bewährte ANTI-TERRA-U, das immer noch viel verwendet wird. Neuere Entwicklungen wie DISPERBYK-107 oder DISPERBYK-108 tragen heutigen Anforderungen Rechnung und sind aromatenfrei oder ganz lösemittelfrei. Zur Stabilisierung von Titandioxid und **anorganischen Pigmenten** im Automobilbereich und in Industrielacksystemen werden Produkte wie DISPERBYK-111 oder DISPERBYK-180 eingesetzt.

Wenn es aber darum geht **organische Pigmente** (oder auch feinteilige Ruße) gegen Flockulation zu stabilisieren, so zeigen diese Additive deutliche Schwächen. Für die Wirksamkeit der Additive ist die feste und dauerhafte Adsorption auf der Pigmentoberfläche äußerst wichtig, da sich nur so eine stabile Schutzhülle ausbilden kann. Anorganische Pigmente sind ionisch aufgebaut und weisen von daher relativ große Polaritäten an ihrer Oberfläche auf, was den Additiven eine Adsorption vergleichsweise einfach macht. Organische Pigmente zeigen einen gänzlich anderen Aufbau. Die Pigmentkristalle sind hier aus einzelnen Molekülen aufgebaut, die zudem noch überwiegend unpolar sind und über zwischenmolekulare Kräfte zusammengehalten werden. Die organischen Pigmente haben daher eine sehr unpolare Oberfläche und machen so den konventionellen Additiven eine gute Adsorption recht schwer. Die Dispergieradditive lösen sich aufgrund der geringen Wechselwirkungskräfte zwischen den Haftgruppen und der Pigmentoberfläche sehr leicht wieder von dieser ab und es kommt keine stabile Schutzhülle um das Pigmentteilchen zustande. Für die Praxis heißt das, dass sich organische Pigmente in vielen Fällen mit den niedermolekularen Netz- und Dispergieradditiven nur unzureichend deflockulieren und stabilisieren lassen. Erschwerend kommt noch hinzu, dass gerade die feinteiligen organischen Pigmente stärker zur Flockulation neigen als die grobteiligeren anorganischen. Da außerdem die gesamte Pigmentoberfläche mit Additivmolekülen belegt sein muss und die organischen Pigmente wegen ihrer kleineren Teilchengröße eine größere spezifische Oberfläche aufweisen, sind also auch deutlich höhere Additivdosierungen notwendig. Hohe Additivmengen können sich negativ auf die Lackfilmeigenschaften (z.B. Härte, Wasserbeständigkeit) auswirken.

Elektrische Doppelschicht um ein negativ geladenes Teilchen



Hochmolekulare Polymere

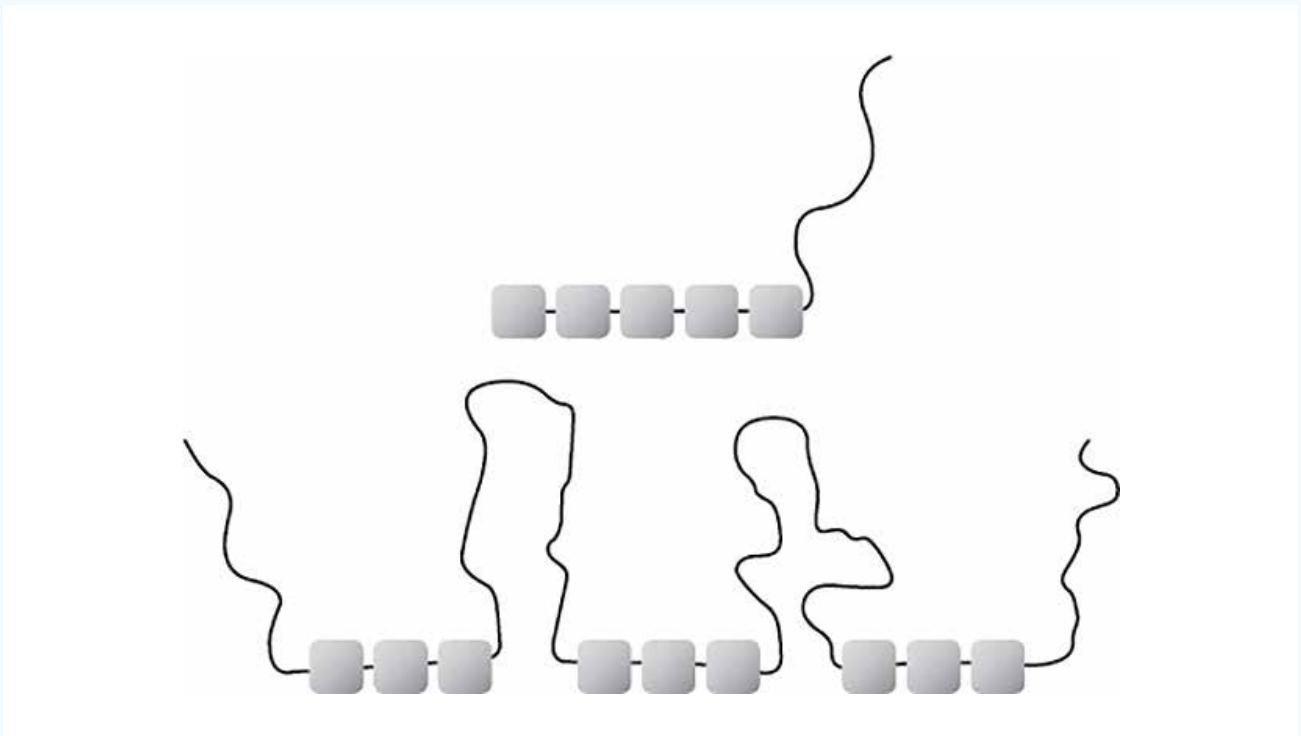


Polymeres Netz- und Dispergieradditiv: eine Vielzahl von Ankergruppen sorgt für gute Adsorption auch auf wenig polaren Pigmentoberflächen, z.B. bei organischen Pigmenten. Die gut solvatisierten und von der Pigmentoberfläche abstehenden Polymersegmente führen zur sterischen Stabilisierung der Pigmente.

Aus den unterschiedlichsten Gründen wurden in der Vergangenheit zunehmend mehr organische Pigmente verwendet (z.B. für schwermetallfreie, brillantere Farbtöne) und dieser Trend hat zur Entwicklung einer neuen Gruppe von Additiven geführt: den polymeren Netz- und Dispergieradditiven. Sie unterscheiden sich vor allem durch zwei Strukturmerkmale von den konventionellen, niedermolekularen Produkten: sie weisen zum einen eine deutlich höhere Molekularmasse auf und erreichen dadurch einen bindemittelähnlichen Charakter. Doch das ist nur ein Nebeneffekt, wichtiger ist, dass diese Additive eine sehr viel größere Anzahl von Haftgruppen enthalten. Um diese vielen Haftgruppen in einem Additivmolekül unterzubringen, muss das Molekül vergrößert werden. Auch wenn die Adsorption einer Haftgruppe auf der Pigmentoberfläche nur schwach ist, wird durch die große Anzahl der Kontaktstellen zwischen Additiv und Pigment doch eine stabile, dauerhafte Adsorption auch auf organischen Pigmenten erreicht. Ihre stabilisierende Wirkung entfalten diese Additive – genau wie die konventionellen Produkte – über sterische Hinderung durch in die Bindemittellösung ragende Polymersegmente.

Eine optimale Stabilisierung ist nur möglich, wenn diese Polymerketten wirklich gut entknäuel vorliegen, d.h. wenn sie mit der umgebenden Polymerlösung gut verträglich sind. Ist diese Verträglichkeit eingeschränkt, so werden sich die Polymerketten zusammenfallen und die sterische Hinderung und somit die Stabilisierung geht verloren. Die Verträglichkeit der hochpolymeren Additive mit den unterschiedlichen Lackbindemitteln ist wesentlich eingeschränkter, als die der niedermolekularen. Aus diesem Grund steht hier eine ganze Reihe von chemisch ähnlichen Additiven, abgestuft hinsichtlich Molekulargewicht, Polarität und Verträglichkeit zur Verfügung.

Segmente mit Haftgruppen und bindemittelverträgliche Segmente in Form von Polymerschlaufen und -ketten können in vielfältiger Weise miteinander kombiniert werden. Statistische Block- und Pfropf-Copolymere haben sich bereits in der Praxis bewährt. Für eine gute sterische Stabilisierung der deflokkulierten Pigmente sind viele Faktoren wichtig. Neben der Polymerarchitektur spielen hier auch die Molekularmasse und die Molekularmassenverteilung eine große Rolle.



Unterschiedliche Kombinationen von Segmenten mit Haftgruppen und bindemittelverträglichen Seitenketten sind bei polymeren Netz- und Dispergieradditiven möglich.

Die hochmolekularen Netz- und Dispergieradditive wurden zwar speziell für organische Pigmente entwickelt, sie sind aber genau so gut auch für anorganische Pigmente geeignet und insbesondere auch zur Stabilisierung von **Pigmentmischungen**.

Wesentliche Additive in dieser Gruppe sind DISPERBYK-161 für hochwertige Industrielacke, wie etwa Autolacke und DISPERBYK-2163 oder DISPERBYK-2164 (aromatenfrei) für allgemeine Industrieanwendungen. Diese Additive enthalten kationische Ankergruppen, die in Ausnahmefällen mit sauren Bestandteilen der Lackrezeptur (z.B. Säurekatalysatoren in Coil Coatings) reagieren können. In solchen Fällen empfehlen wir Produkte wie DISPERBYK-170 oder DISPERBYK-174, die durch eine andere Haftgruppenchemie diese Probleme umgehen. Es existieren darüber hinaus moderne verzweigte Strukturen mit sterisch gehinderten kationischen Haftgruppen (DISPERBYK-2155) oder komplexe Kern-Schale Polymere, bei denen der pigmentaffine Block eingekapselt vorliegt (DISPERBYK-2152). Dadurch wird die Reaktivität der Additive gegenüber den Lacksystemen auf ein Minimum zu reduzieren, bei gleichbleibender Effektivität in der Stabilisierung von anorganischen und organischen Pigmenten sowie Rußen.

Wässrige Lacksysteme

In wässrigen Systemen, die auf Bindemittlemulsionen basieren und überwiegend für Dispersionsfarben und -putze im Bereich Maler- und Bautenlacke zum Einsatz kommen, werden die Pigmente überwiegend durch elektrostatische Abstoßung stabilisiert. Ammoniumsalze von Polycarbonsäuren (wie BYK-154) werden in der Praxis häufig eingesetzt.

Wässrige Systeme, die auf wasserlöslichen Bindemitteln basieren oder Kombination von solchen Bindemitteln mit Bindemittlemulsionen sind (Hybridsysteme), können prinzipiell ebenfalls elektrostatische Effekte zur Pigmentstabilisierung nutzen. In der Praxis wird jedoch die sterische Stabilisierung mit polymeren Netz- und Dispergieradditiven häufig bevorzugt, insbesondere in höherwertigen Industrielacken. Der Mechanismus funktioniert hier genau wie in lösemittelhaltigen Systemen, Voraussetzung ist nur eine höhere Polarität der Additive, um eine ausreichende Verträglichkeit in der wässrigen Umgebung zu gewährleisten. Wasserlöslichkeit ist nicht unbedingt anzustreben, da eine zu hohe Polarität ungünstig für die Lackfilmbeständigkeiten (Wasserfestigkeit) sein kann. Typische Produkte dieser Additivgruppe sind DISPERBYK-184, DISPERBYK-190, DISPERBYK-194 N sowie DISPERBYK-198.

09

Moderne Polymerisationsmethoden

Um wirksame Additive zu synthetisieren, ist nicht nur die richtige Auswahl der Monomere für die pigmentaffinen Gruppen und die bindemittelverträglichen Ketten wichtig, sondern auch ihre Anordnung innerhalb des Copolymers. Solange die einzelnen Bausteine eine zufällige Reihenfolge bilden (statistisch verteilt sind), wird sich kaum der gewünschte Additiv-Effekt zeigen. Für die Netz- und Dispergieradditive sind **blockartige Strukturen** wesentlich günstiger. In diese vergleichsweise einfachen Strukturen lassen sich aber noch viel mehr Feinheiten und Details einbauen:

Die Segmente aus den A-Monomeren (pigmentaffine Gruppen) müssen keine sehr gute Verträglichkeit mit dem Bindemittelsystem aufweisen, dazu sind die B-Segmente da. Wenn ihre Unverträglichkeit aber zu groß wird, kann es zu Problemen bei der Handhabbarkeit der Produkte und auch zu Wirkungsverlust kommen. Daher kann es sinnvoll sein, ein paar B-Monomere auch in den A-Segmenten zu verteilen, um die Verträglichkeit zu verbessern. Oder man kann auch den scharfen Übergang zwischen einem A- und einem B-Block abmildern, indem man gleitende Übergänge schafft: die Konzentration der A-Monomere nimmt entlang der Polymerkette ab, während die der B-Monomere zunimmt (Gradienten-Copolymer).

Beispiele zur Modifizierung der Feinstruktur von Block-Copolymeren beim Einsatz kontrollierter Polymerisationsmethoden (CPT)



Die Erkenntnisse über die Zusammenhänge zwischen der Struktur der Copolymere und ihrer Wirksamkeit lassen sich aber nur dann in der Praxis anwenden, wenn man die recht komplexen Strukturen im Labor und auch unter Produktionsbedingungen perfekt nachbauen kann. Da sieht es heute wesentlich besser aus als in der Vergangenheit. Seit einigen Jahren sind modernere Polymerisationsverfahren verfügbar (ATRP, NMP, C-RAFT, S-RAFT, GTP), mit denen sich die Struktur der Copolymere fast beliebig genau steuern lässt. Die genannten Verfahren (die ersten vier werden auch häufig unter dem Begriff „CRP“ controlled radical polymerization zusammengefasst) mit ihren jeweils spezifischen Vor- und Nachteilen erlauben heute die kontrollierte Polymerisation einer breiten Palette von Monomeren. DISPERBYK-2000 und DISPERBYK-2001 sind die ersten Netz- und Dispergieradditive, die durch kontrollierte Polymerisation hergestellt wurden (GTP) und stammen bereits aus dem Jahr 1999. Neuere Additive wie DISPERBYK-2010, DISPERBYK-2012 und DISPERBYK-2015, welche allesamt für moderne wässrige Systeme entwickelt wurden, nutzen die heute mögliche Bandbreite der CRP-Verfahren vollständig aus. Und nicht nur die Sequenzfolge in den Block-Copolymeren wird besser kontrollierbar und reproduzierbar, sondern auch die Molekulargewichtsverteilung wird deutlich enger, was sich beispielsweise in einer besseren Handhabbarkeit der Additive äußert.

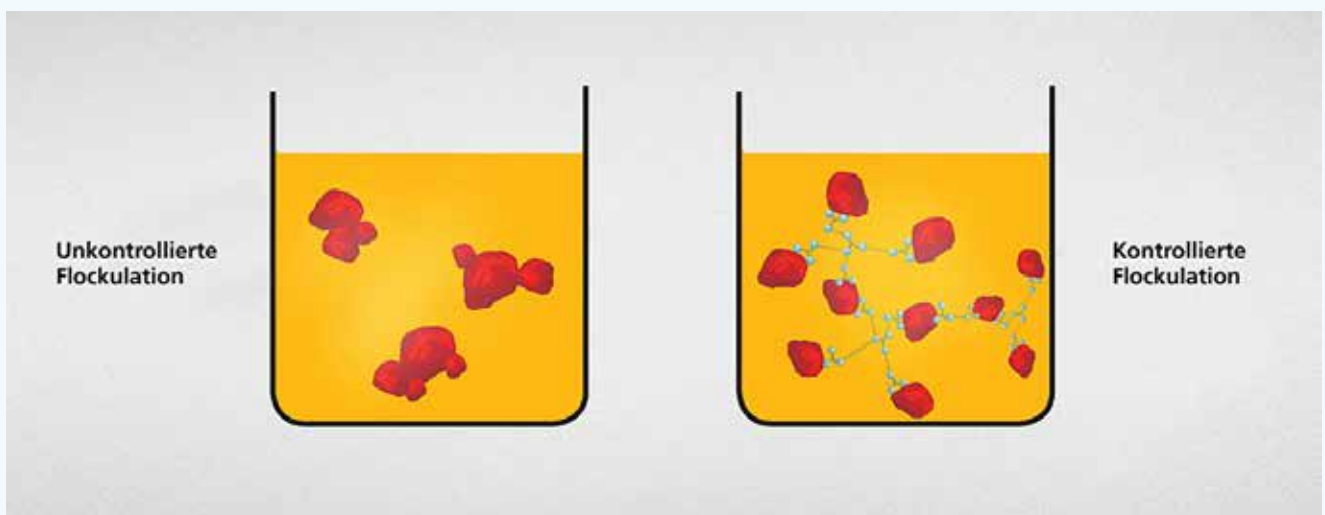


10

Kontrollierte Flockulation

Der Begriff "Flockulation" ist zwar negativ belegt, es gibt aber durchaus Rahmenbedingungen, unter denen eine gezielte und kontrollierte Flockulation für die gewünschten Lackeigenschaften günstiger sein kann, als vollständige Deflockulation. Eine unkontrollierte Flockulation führt in jedem Fall zu Instabilitäten des Farbortes bei Lagerung, zu starkem Bodensatz, Glanzreduzierung und Viskositätserhöhung. Die kontrollierte Flockulation wird in der Lackindustrie seit vielen Jahren gezielt angewendet.

Flockulation

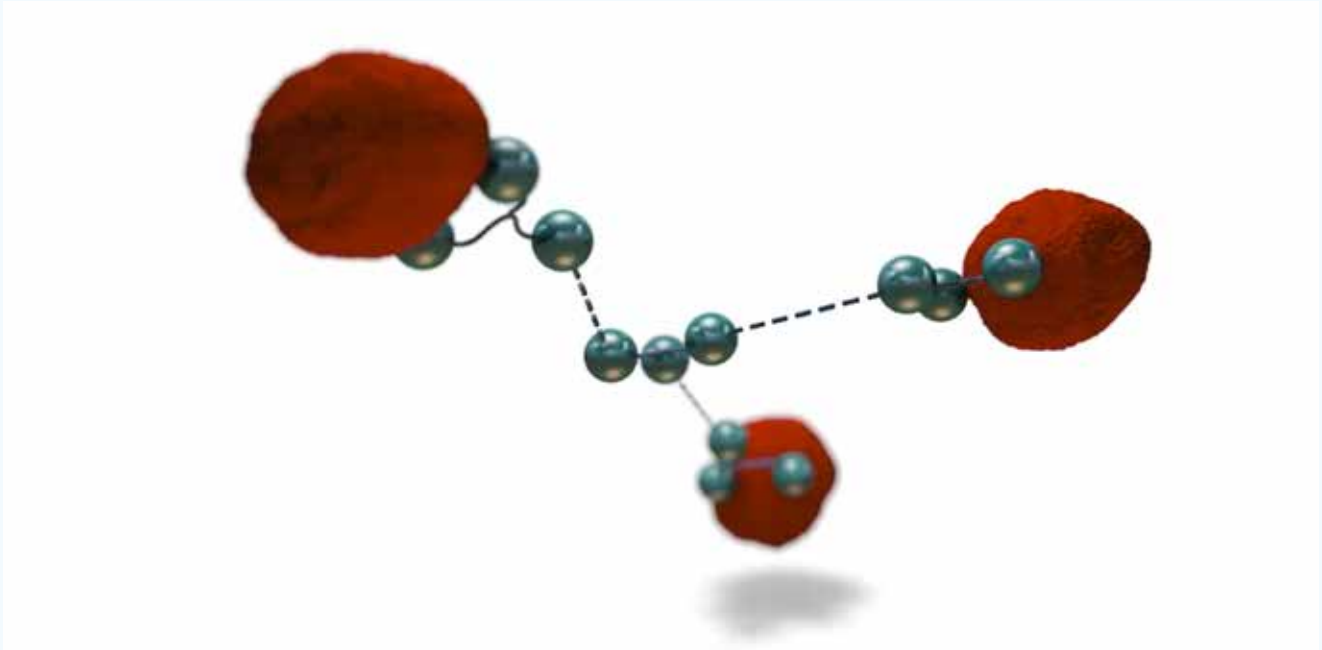


Unkontrollierte Flockulation (ohne Additive): Flockulierte Pigmentteilchen haben direkten Kontakt miteinander und lassen sich nur durch hohe Scherkräfte voneinander trennen.

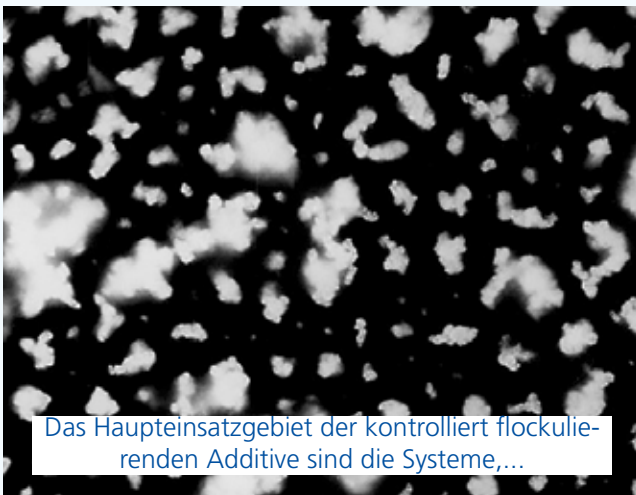
Kontrollierte Flockulation (durch Additive hervorgerufen): Pigmentteilchen sind über Additivmoleküle zu einem Netzwerk verbunden; kein direkter Pigment-Pigment-Kontakt. Solche „kontrollierten“ Flockulate sind durch geringe Scherkräfte zu zerstören.

Wenn niedermolekulare Netz- und Dispergieradditive mindestens zwei bis drei Haftgruppen enthalten, die räumlich gut von einander getrennt sind, dann können sie direkt oder über weitere Additivmoleküle **Brücken** zwischen verschiedenen Pigmenten ausbilden und auf diese Weise größere flockulat-ähnliche dreidimensionale **Netzwerkstrukturen** aufbauen.

Die Größe und Stabilität solcher „Flockulate“ wird durch die Eigenschaften des Additivs bestimmt, d.h. durch die Wechselwirkungen Additiv-Additiv und Additiv-Pigment. Man spricht in diesen Fällen von einer „kontrollierten Flockulation“, da der ganze Vorgang über das Additiv kontrolliert wird.



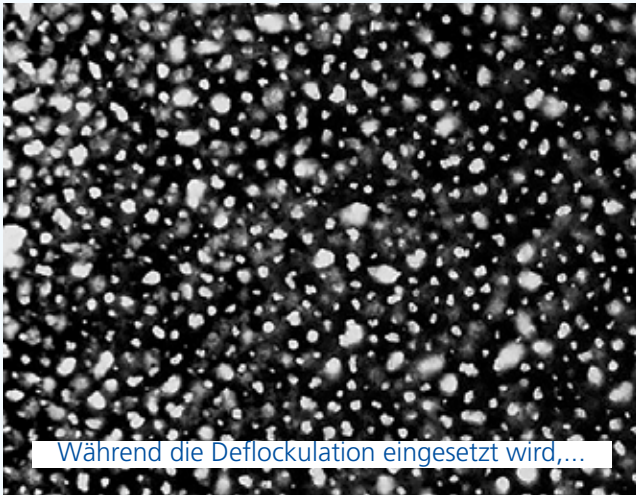
Kontrolliertes Flockulat durch spezielle niedrigmolekulare Netz- und Dispergieradditive mit mehreren Haftgruppen pro Molekül.



Das Haupteinsatzgebiet der kontrolliert flockulierenden Additive sind die Systeme,...



...bei denen die Schuttfunktion im Vordergrund steht. Merkmale sind eine mögliche Glanzreduzierung, Pseudoplastizität, Thixotropie, Anti-Absetzen und Anti-Ablaufen.



Während die Deflockulation eingesetzt wird,...



...wenn es in erster Linie auf die Optik ankommt. Merkmale sind hoher Glanz, niedrige Viskosität und guter Verlauf.

Es ist wichtig, sich den Unterschied zur „normalen“ Flockulation klar zu machen: ohne Additiv stehen die Pigmentteilchen im unkontrollierten Flockulat direkt miteinander in Kontakt und sind nur schwer voneinander zu trennen. Im Falle einer kontrollierten Flockulation gibt es dagegen keine direkten Pigment-Pigment-Kontakte, immer befinden sich Additivmoleküle zwischen den Pigmentteilchen. Diese kontrolliert flockulierend wirkenden Netz- und Dispergieradditive haben ebenfalls pigmentbenetzende Eigenschaften und sie stabilisieren auch die Pigmentdispersion, nur in einer anderen Form als die deflockulierenden Additive.

Während eine unkontrollierte Flockulation immer unerwünscht ist, da mit ihr eine Reihe von negativen Eigenschaften verbunden sind (wie beispielsweise Glanzminderung, Viskositätsinstabilitäten, usw.), kann eine kontrollierte Flockulation durchaus gezielt eingesetzt werden, um bestimmte gewünschte Effekte im Lacksystem zu erreichen.

Die durch kontrolliert flockulierende Netz- und Dispergieradditive erzeugte dreidimensionale Netzwerkstruktur ist in ähnlicher Form von Rheologieadditiven bekannt und auch bei den kontrolliert flockulierenden Additiven ist damit ein charakteristisches rheologisches Verhalten verbunden: Durch diese Strukturen ist im Ruhezustand die Viskosität des Lackes recht hoch, während unter Einwirkung von Scherkräften die Strukturen, d.h. die Pigment-Flockulate, zusammenbrechen, was zu einer niedrigeren Viskosität führt. Anschließend, nach Fortfall der Scherkräfte, bilden sich die Strukturen wieder zurück. Meist weisen solche Systeme zusätzlich eine Fließgrenze auf. Während die deflockulierenden Additive ein eher newton'sches Fließverhalten einstellen und Thixotropie abbauen, wird durch kontrolliert flockulierende Additive Thixotropie oder zumindest ein pseudoplastisches Fließverhalten erzeugt. Durch eine solche Rheologie werden Lackeigenschaften wie Abfließen und Absetzen positiv beeinflusst. Allerdings muss wegen der kontrollierten Flockulation aber auch mit einer Glanzreduzierung gerechnet werden; hochglänzende Formulierungen sind mit diesen Additiven kaum zu realisieren.

Anhand der geschilderten Zusammenhänge wird auch deutlich, wo das Einsatzgebiet dieser Art von Dispergieradditiven liegt: sie werden hauptsächlich in Grundierungen, Füllern und Zwischenanstrichen verwendet, wo eine etwaige Glanzreduzierung nicht ins Gewicht fällt, aber die verbesserte Standfestigkeit an geeigneten Flächen und die geringere Sedimentationsneigung der Feststoffpartikel gewünscht ist. Für Decklackssysteme wird man aber meist, schon des besseren Glanzes und Verlaufs wegen, eine möglichst weitgehende Deflockulation vorziehen. Natürlich gibt es auch hier einen Zwischenbereich, in dem man bei nicht so hohen Qualitätsansprüchen an die Decklackeigenschaften auch mit einer leichten kontrollierten Flockulation gute Ergebnisse erzielen kann.

Die ausgeprägten rheologischen Effekte der kontrolliert flockulierenden Additive dürfen aber nicht darüber hinwegtäuschen, dass diese Produkte in erster Linie zur Pigmentbenetzung und -stabilisierung eingesetzt werden. Der Einfluss auf die Rheologie ist nur ein Nebeneffekt, auch wenn er sehr gelegen kommt. Meist ist die Beeinflussung des Fließverhaltens nur über die kontrolliert flockulierenden Dispergieradditive allein auch nicht ausreichend. Kombinationen mit „echten“ Rheologieadditiven sind gängige Praxis.

Die Hauptvertreter der kontrolliert flockulierenden Netz- und Dispergieradditive sind ANTI-TERRA-204, das in lösemittelhaltigen Füllern und Grundierungen vielfältig eingesetzt wird, und ANTI-TERRA-250, welches in wässrigen Systemen angewendet wird. BYK-P 104 ist ein Additiv mit deutlich geringerer kontrolliert flockulierender Wirkung. Es wurde entwickelt, um gezielt das Ausschwimmen in Kombinationen von Titandioxid mit farbigen Pigmenten zu unterbinden. Es erreicht dies durch Co-Flockulation, ohne dabei zu stark den Glanz und die Rheologie des Systems zu beeinflussen.

11

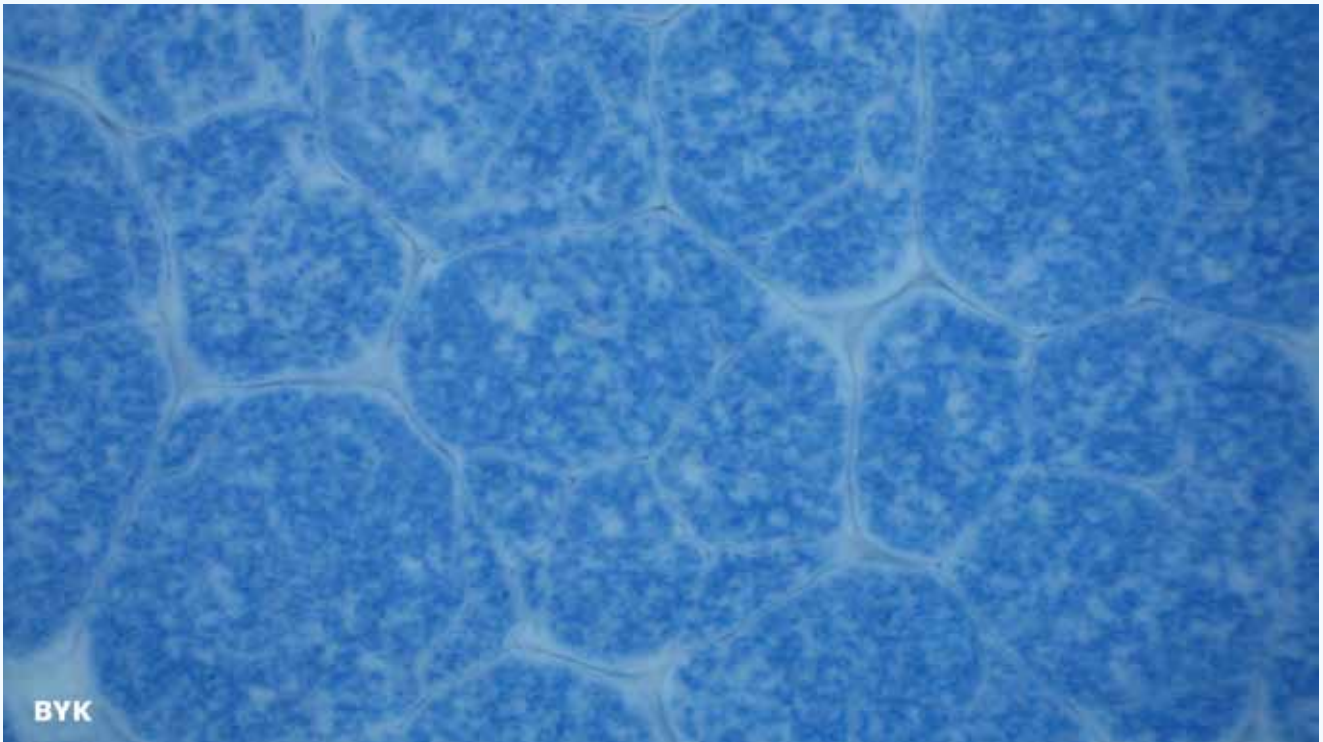
Vermeidung des Ausschwimmens

Handelsübliche Lackformulierungen sind nur in Ausnahmefällen monopigmentiert, in der Regel wird es sich um **Mischungen** von zwei oder mehr verschiedenen Pigmenten handeln. Auch in solchen Systemen sollten natürlich alle Pigmente gut benetzt und möglichst weitgehend deflockuliert sein. Zusätzlich kann hier aber noch ein weiteres Problem auftreten: idealerweise sind alle Pigmente gleichmäßig im gesamten Lackfilm verteilt; wenn diese Mischung aber gestört wird, die Pigmente sich entmischen, kommt es zu Farbtonveränderungen im Lack. Dieser Defekt wird als „**Ausschwimmen**“ bezeichnet.

Eine der Ursachen für das Entmischen der Pigmente sind Strömungserscheinungen im trocknenden Lackfilm. Lösemittel muss aus den unteren Lackschichten an die Oberfläche transportiert werden, beim Verdunsten erhöht sich die Dichte des zurückbleibenden Materials und es sinkt wieder in die Tiefe.

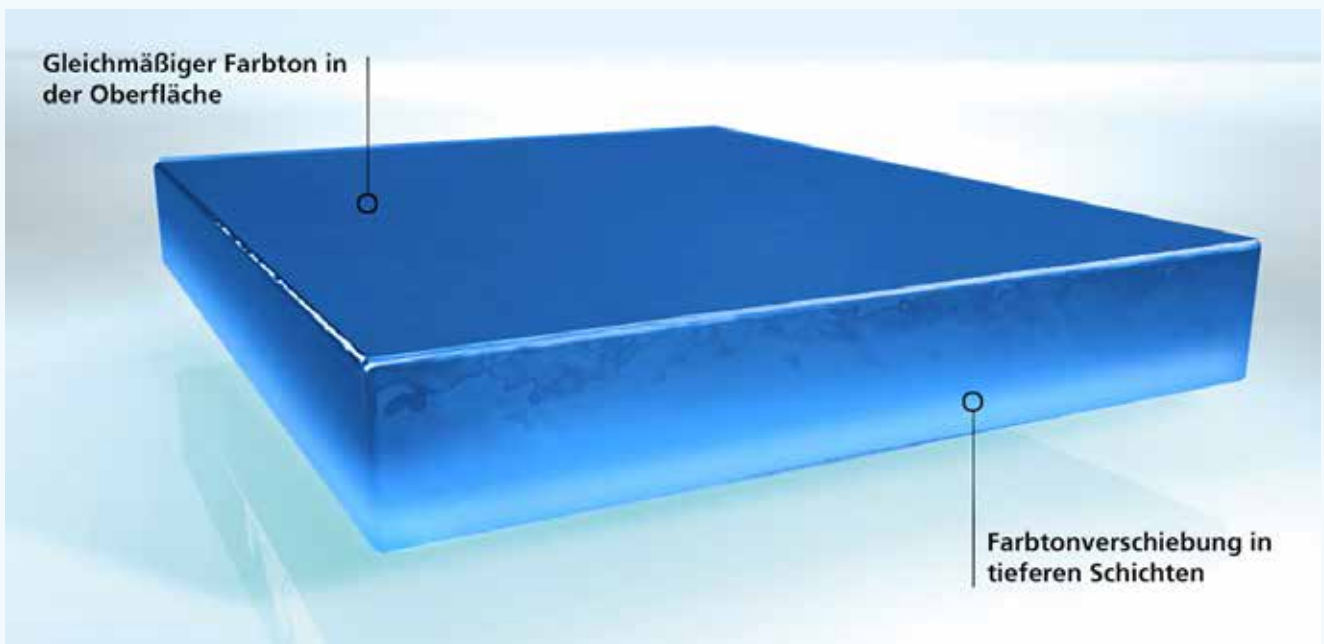
Zusätzlich treten beim Verdunsten Abkühlungseffekte auf und die Oberflächenspannung verändert sich. All das führt zur Ausbildung von Wirbelströmungen, die sich in Form von mehr oder weniger gleichmäßigen sechseckigen Zellen (den sogenannten **Bénard-Zellen**) anordnen. Im Zentrum der Zellen steigt das Lackmaterial nach oben, verteilt sich dann über die Oberfläche und strömt an den Zellgrenzen wieder nach unten. Diese Zellströmungen sind schon seit langem – nicht nur im Lack – bekannt und treten in jedem flüssigen Lackfilm (auch unpigmentiert) auf. In einem pigmentierten System nehmen jetzt auch die Pigmente an diesen Wirbelströmungen teil und solange die **Beweglichkeit** der verschiedenen Pigmente ähnlich ist, werden sie auch in ganz ähnlicher Weise in den Wirbeln transportiert und es kommt nicht zur Entmischung. Sind aber die Pigmentbeweglichkeiten deutlich unterschiedlich, so ist auch das Transportverhalten unterschiedlich und es kann zur Entmischung kommen.

Das Entmischen der Pigmente hängt eng mit der unterschiedlichen Pigmentbeweglichkeit zusammen. Im trocknenden Lackfilm bilden sich aufgrund der Lösemittelverdunstung Wirbelströmungen aus (Bénard-Zellen), die sich auf die beim Trocknen auftretenden kleinen Unterschiede in Temperatur, Dichte und Oberflächenspannung zurückführen lassen. Die Pigmente nehmen an diesen Bewegungen teil und wenn sie sich in ihrer Beweglichkeit unterscheiden, kann es zur Entmischung und damit zum Ausschwimmen kommen. Diese Unterschiede der Beweglichkeit lassen sich angleichen durch kontrollierte Flockulation bei Verwendung entsprechend wirkender Additive.



Wirbelströmungen in einem flüssigen Lackfilm (Bénard-Zellen). Beispiel eines mit Phthalocyaninblau und Titandioxid pigmentierten Lackes bei dem deutlich zu sehen ist, wie sich in diesem Fall das Titandioxid entlang der Zellgrenzen anreichert und so der Oberfläche ein unregelmäßiges fleckiges Aussehen verleiht.

Horizontales Ausschwimmen („Aufschwimmen“)



Eine Pigmentsorte hat sich dann an der Oberfläche konzentriert und der Lackfilm zeigt in diesem Fall an der Oberfläche einen einheitlichen Farbton (der allerdings nicht der Originalton der Pigmentmischung ist). Der Defekt zeigt sich erst, wenn z.B. der **Rub-out Test** durchgeführt wird. Bei diesem Test wird der noch feuchte Lackfilm in einem kleinen Bereich mit einem Finger gerieben, d.h. in diesem Bereich wird wieder eine homogene Mischung der verschiedenen Pigmente hergestellt. Die Instabilität der Pigmentmischung zeigt sich daran, dass zwischen der geriebenen Fläche und dem umgebenden Lackmaterial eine Farbtendifferenz sichtbar wird. Diese Farbtendifferenz kann auch messtechnisch erfasst werden (als ΔE) und als Qualitätskriterium dienen.

Um Ausschwimmdefekte zu vermeiden, muss man auf die Beweglichkeit der Pigmente Einfluss nehmen und zwar in der Weise, dass die Beweglichkeiten der verschiedenen Pigmentarten möglichst ähnlich werden. Eine Möglichkeit bietet sich durch die kontrollierte Flockulation. Durch die kontrolliert flockulierenden Additive werden die unterschiedlichen Pigmente gemeinsam in die Flockulate eingebunden und dadurch zwangsweise in ihrer Beweglichkeit angeglichen. Durch gezielte Co-Flockulation der verschiedenen Pigmentarten lässt sich somit das Ausschwimmen unterbinden.

Nun ist aber in vielen Decklacksystemen, insbesondere in hochqualitativen, eine Flockulation – auch eine kontrollierte – wegen der möglichen Glanzreduzierung und der schlechteren Ausnutzung der Pigmente eher unerwünscht.

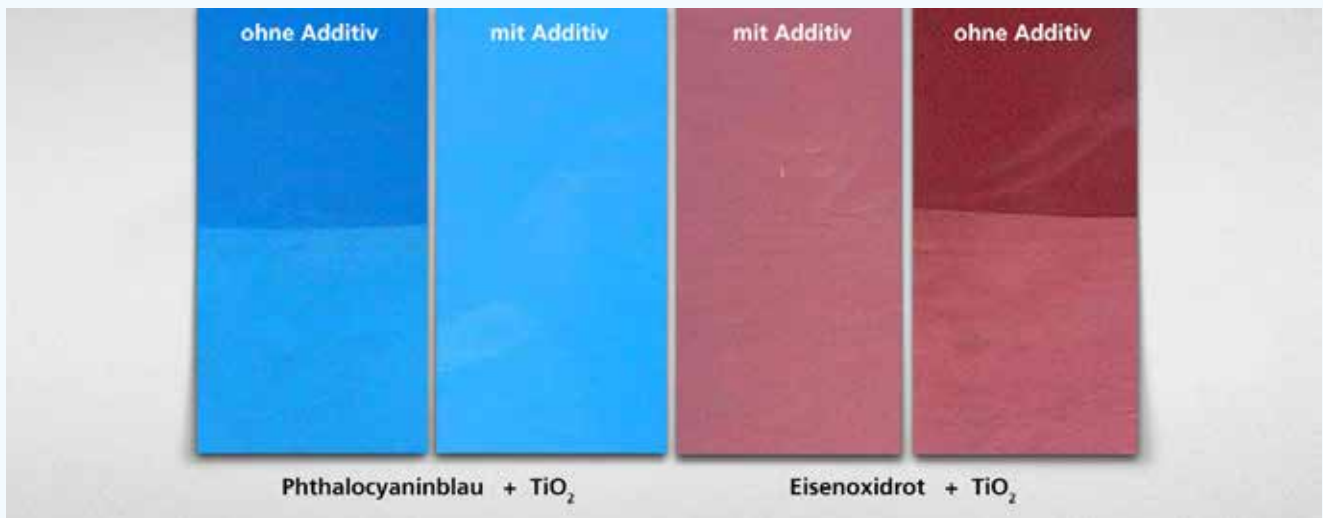
Hier bietet sich eine Lösungsmöglichkeit über polymere Netz- und Dispergieradditive an. In der Praxis hat sich gezeigt, dass geeignete Produkte in der Lage sind, die Beweglichkeit der unterschiedlichen Pigmentarten einander anzugleichen bei gleichzeitiger Deflockulation aller Pigmente. Durch die Wechselwirkung zwischen den adsorbierten polymeren Additiven mit der umgebenden Bindemittellösung werden die deflockulierten Pigmentteilchen stark in das Bindemittelsystem mit eingebunden und deren Beweglichkeit reduziert.

Auf diese Weise lässt sich erklären, dass beim gleichzeitigen Vorliegen kleiner, deflockulierter organischer Pigmentteilchen und größerer anorganischer Pigmente das Ausschwimmen unterbunden wird, da alle Pigmente ähnliche Beweglichkeiten aufweisen.

Rub-out Test



Vermeiden des Ausschwimmens in Pigmentmischungen mit Netz- und Dispergieradditiven (der ausgeriebene Bereich ist jeweils unten)



Elektrische Ladungen auf der Pigmentoberfläche sind in nicht-wässrigen Systemen in der Regel so schwach, dass sie keinen wesentlichen Beitrag zur Stabilisierung der Pigmente gegen Flockulation leisten können. Ungleichnamige Ladungen der Pigmente können allerdings negative Auswirkungen auf die Stabilität von Pigmentmischungen und damit das Ausschwimmverhalten haben. Die Ladung, die ein Pigment trägt, hängt sowohl vom Pigment, als auch von der Bindemittellösung ab: ein Pigment, angerieben in verschiedenen Bindemitteln, kann ganz unterschiedliche Ladungen aufweisen. Verschiedene Pigmente, im gleichen Bindemittel angerieben, können sich ebenfalls in der Ladung unterscheiden. Es ist eindeutig, dass es verstärkt zur Flockulation kommen kann, wenn in einem Lack Pigmente mit unterschiedlicher Ladung vorliegen.

Für die Praxis bedeutsam ist die Tatsache, dass sich die Pigmentladung auch durch das verwendete Dispergieradditiv beeinflussen lässt: einige polymere Additive sind in der Lage, unterschiedlich geladene Pigmentteilchen in ihrer elektrischen Ladung anzugleichen. Dadurch ergibt sich ein zusätzlicher stabilisierender Effekt: das polymere Additiv gleicht nicht nur die Beweglichkeiten der unterschiedlichen Pigmente einander an und bewirkt sterische Stabilisierung, sondern stellt außerdem noch sicher, dass alle Pigmentteilchen die gleiche Ladung tragen und damit Instabilitäten durch Ladungsunterschiede vermieden werden.



12

Pigmentkonzentrate

Pigmentkonzentrate (Pigmentpasten) sind monopigmentierte Systeme mit möglichst hohem Pigmentgehalt und so wenig wie möglich Bindemittel (Anreibecharz). Sie werden auf zweierlei Weise bei der Lackproduktion eingesetzt.

Zum Abtönen: Nach dem Anreiben und Auflacken werden Pasten zur letzten Feineinstellung des Farbtöns verwendet, d.h. zum Nuancieren. Die Einsatzmengen der Pasten liegen in diesem Fall bei wenigen Prozent. Die einzelnen Bestandteile der Pigmentkonzentrate (insbesondere das Anreibecharz) haben dann nahezu keinen merklichen Einfluss auf die Qualität der damit getönten Lackansätze.

Zur Fertigung: Ein Lack kann auch komplett aus Pasten zusammengemischt und dann mit dem gewünschten Bindemittel (als Klarlack oder Weißlack) aufgelackt werden. Hierfür werden höhere Mengen Pigmentpasten benötigt. Da die Pasten dann einen wesentlichen größeren Einfluss auf die Lackqualität haben, sind auch die Anforderungen an die Qualität der Pigmentkonzentrate deutlich höher.

Während der Einsatz als Abtönpasten schon immer gängige Praxis ist, fand die Möglichkeit, Lackansätze vollständig aus Pasten zu mischen, erst in der jüngeren Vergangenheit stärkere Verbreitung. Pasten werden dann zur Fertigung herangezogen, wenn die Lackansätze vergleichsweise klein sind, aber ein weites Spektrum an Farbtönen und Bindemittelsystemen abzudecken ist (typisch z.B. für die Situation im Bereich der Industrielacke).

Eine Fertigung aus Pasten ist dann schneller, als eine Fertigung über einen Mahlsatz und der Lackhersteller kann flexibler auf Kundenwünsche reagieren. Pigmentkonzentrate kommen auch dann zum Zuge, wenn die Lackproduktion automatisiert werden soll, da dies nur möglich ist, wenn pumpfähige Pasten anstelle der pulverförmigen Pigmente eingesetzt werden.

Generell sind noch zwei Varianten möglich: man kann eine Pigmentpastenreihe konzipieren, die nur für ein einziges Lacksystem eingesetzt werden soll. Das eigentliche Lackbindemittel wird dann auch als Anreibecharz für die Pasten Verwendung finden. Solche Pasten lassen sich optimal auf das Lacksystem ausrichten.

Die andere Möglichkeit besteht darin, eine „universelle“ Pastenreihe aufzubauen, die mit möglichst vielen Bindemitteln verträglich ist und somit zur Herstellung ganz unterschiedlicher Lackqualitäten eingesetzt werden kann. „**Universalpasten**“ können natürlich nicht für jedes Lackbindemittel optimal sein. Kompromisse sind in solchen Fällen unumgänglich.

Anforderungen an Pigmentkonzentrate

Die **Stabilität** der Paste ist eine der wichtigsten Forderungen. Während der unter Umständen recht langen Lagerzeit darf keine Flockulation auftreten, kein Absetzen und keine Synärese. Die Paste soll möglichst viel Pigment enthalten, die anderen Komponenten dagegen in möglichst geringen Mengen. Trotzdem muss die Paste einfach zu handhaben sein, d.h. fließfähig oder pumpbar sein, und sie darf nicht zum Antrocknen neigen.

Die Paste muss leicht in alle in Frage kommenden Bindemittel einzuarbeiten sein. Das ist zum einen eine Frage der Verträglichkeit, zum anderen müssen Schockerscheinungen (Umsetzen der Pigmente) ausgeschlossen werden.

Schließlich sollten die Lackfilmeigenschaften, insbesondere die Beständigkeiten, durch den Pastengehalt nicht negativ beeinflusst werden.

Um die genannten Anforderungen zu erfüllen, ist es zwingend notwendig, Additive in den Pasten einzusetzen. Erst durch ein geeignetes **Netz- und Dispergieradditiv** wird die Pastenviskosität so stark erniedrigt, dass sich der Pigmentgehalt wesentlich erhöhen lässt. Gleichzeitig wird das Pigment deflockuliert; Voraussetzung für hochglänzende und farbtontabile Decklacke. Eine Stabilisierung der Pigmentdispersion durch Additive schützt auch vor Schockerscheinungen beim Mischen der Pasten und beim Auflacken.

Um das Ausschwimmen soweit wie möglich zurückzudrängen, sollte neben der Deflockulation auch gewährleistet sein, dass die Pigmentbeweglichkeiten angeglichen sind und gleichnamige Pigmentladungen vorliegen.

Zusammensetzung von Pigmentkonzentraten

Der wesentliche Bestandteil eines Pigmentkonzentrates ist das **Pigment**; der Pigmentgehalt sollte so hoch wie möglich sein. Daneben wird in den meisten Fällen ein Anreibeharz benötigt, um einerseits ein lagerstabile Paste zu bekommen und um andererseits die Paste leicht und ohne Schockerscheinungen in die Auflackbindemittel einarbeiten zu können. Das **Anreibeharz** wird in erster Linie nach seiner Verträglichkeit ausgewählt. Sein Anteil an der Paste sollte möglichst gering sein. Wenn mit speziellen Dispergieradditiven gearbeitet wird, können auch **bindemittelfreie** Pigmentkonzentrate mit einwandfreier Qualität formuliert werden.

Zusätzlich zu dem über das Anreibeharz eingebrachte **Lösemittel** wird in der Regel noch weiteres Lösemittel notwendig sein, um eine handhabbare Paste herzustellen. Die Auswahl des richtigen Lösemittels kann auch Einfluss auf die Lagerstabilität der Paste haben und ist deshalb nicht unwichtig.

Unverzichtbar für ein hochwertiges Pigmentkonzentrat ist ein geeignetes deflockulierendes Netz- und Dispergieradditiv. Da es darum geht, sowohl anorganische Pigmente, als auch organische zu stabilisieren, bieten sich als Pastenadditive insbesondere die polymeren Additive an. Die Auswahl ist so zu treffen, dass das Additiv in seiner Verträglichkeit den Bindemitteln angepasst ist, in denen die Pasten eingesetzt werden sollen.

13

Hinweise für die Praxis

Um mit Netz- und Dispergieradditiven ein optimales Ergebnis zu erhalten, sollten einige Hinweise für den Einsatz dieser Produkte beachtet werden.

Einarbeitung der Additive

Additive werden häufig während der Auflackphase dem Lack zugegeben. Für Netz- und Dispergieradditive ist diese Vorgehensweise jedoch ungeeignet. Da diese Additive die Pigmentbenetzung beschleunigen und die Pigmentdispersion stabilisieren sollen, müssen sie unbedingt **in das Mahlgut** gegeben und mit angerieben werden. Nur so können sie ihre Wirksamkeit voll entfalten. Wenn in Ausnahmefällen (z.B. zur Chargenkorrektur) eine nachträgliche Zugabe notwendig wird, muss die Einarbeitung mit möglichst hohen Scherkräften erfolgen; am besten sollte der Ansatz also noch einmal über das Dispergieraggregat laufen. Trotzdem wird man in den meisten Fällen feststellen, dass die auf diese Weise eingearbeiteten Netz- und Dispergieradditive weniger wirksam sind und höhere Dosierungen erforderlich machen.

Dosierung

Wie viel Additiv muss eingesetzt werden? Die richtige Dosierung ist für die Wirkung von großer Bedeutung. Da die Additive die Pigmentoberfläche komplett belegen sollen, wird die erforderliche Menge durch die zur Verfügung stehende Pigmentoberfläche bestimmt. Rechenformeln, die die Additivmenge mit z.B. der BET-Oberfläche der Pigmente oder der Ölzahl in Verbindung bringen, sind bis auf Ausnahmen nicht besonders zuverlässig oder nur für bestimmte Pigmenttypen einsetzbar. In der Praxis wird man sich an den von den Additivlieferanten vorgeschlagenen Dosierungen orientieren und darauf **Versuchsreihen** zur Optimierung der Dosierung aufbauen. Als Prüfkriterium können z.B. Glanz- und Haze-Werte der Beschichtungen und das ΔE beim Rub-out Test dienen.

Bei den klassischen Netz- und Dispergieradditiven auf Basis niedermolekularer Polymere sind bei anorganischen Pigmenten 0,5-2% und bei organischen Pigmenten 1-5% gängige Dosierungen (Additiv in Lieferform berechnet auf Pigment). Typische Additividiosierungen der polymeren Netz- und Dispergieradditive liegen bei 1-10% (anorganische Pigmente) und 10-30% (organische Pigmente). Bei sehr feinteiligen Pigmenten (z.B. einigen Rußen) sind für sehr hochwertige Formulierungen auch noch höhere Dosierungen bis zu 80 oder 100% erforderlich. Da diese Pigmente nur in geringen Mengen in der Formulierung vorhanden sind, ist die Additivmenge auf die Gesamt Rezeptur bezogen trotzdem noch nicht übermäßig hoch. Aufgrund des bindemittelähnlichen Charakters der polymeren Additive hat eine höhere Dosierung auch keine negativen Auswirkungen auf die Lackfilmeigenschaften.

Es soll an dieser Stelle noch einmal betont werden, dass alle Pigmente in einer Lackformulierung stabilisiert werden müssen. Auch bei vermeintlichen "einfachen" Pigmenten, wie etwa Titandioxid, ist die Stabilisierung notwendig, sonst kommt es bei der Mischung mit (gut stabilisierten) anderen Pigmenten unweigerlich zu Ausschwimmproblemen.



Einzelanreibung/Gemischtanreibung

Wenn nur ein einziges Pigment zu dispergieren ist, so lassen sich alle Parameter (Additivmenge, Mahlbedingungen) optimal darauf einstellen und das bestmögliche Anreibeergebnis ist erreichbar. In der Praxis ist jedoch häufig anstelle der aufwändigeren Einzelanreibung eine Gemischtanreibung aller Pigmente die Regel. Die Anreibeparameter stellen dann einen Kompromiss dar und nicht immer ist das Ergebnis mit den Einzelanreibungen vergleichbar. Zumindest bei der Ausarbeitung einer neuen Rezeptur im Labor sollte man sich aber immer auch die einzeln angeriebenen Pigmente ansehen. Nur dadurch kann man etwaige „schwierige“ Pigmente identifizieren. Das weitere Vorgehen richtet sich dann nach dem Einzelfall, z.B. kann man das Pigment austauschen oder, getrennt angerieben, als Pigmentkonzentrat zugeben.

Oberflächenbehandlung der Pigmente

Praktisch alle der heute gängigen Pigmente tragen auf ihrer Oberfläche Nachbehandlungen unterschiedlichster chemischer Natur, die der Pigmenthersteller bei der Herstellung der Pigmente aufbringt. Sinn der Oberflächenbehandlung ist es, die Benetzbarkeit, Dispergierung und Stabilisierung der Pigmente zu erleichtern und zu verbessern. Für die Netz- und Dispergierradditive heißt das, dass sie gar nicht mehr mit dem eigentlichen Pigment in Kontakt treten, sondern mit der chemischen Oberflächenbehandlung auf dem Pigment. In der Praxis sollte man also bei unbefriedigenden Anreibeergebnissen mit einem bestimmten Pigment sich das gleiche Pigment auch mit anderen Oberflächenbelegungen ansehen.