

FARBEUNDLACK // BIBLIOTHEK



# Lackadditive kompakt erklärt

BODO MÜLLER

2., ÜBERARBEITETE AUFLAGE



Bodo Müller

# Lackadditive kompakt erklärt

2., überarbeitete Auflage

Cover: Plus-Icons: © Francois Poirier – stock.adobe.com

Bibliographische Information der Deutschen Bibliothek  
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen  
Nationalbibliographie; detaillierte bibliographische Daten sind im Inter-  
net über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Bodo Müller

Lackadditive kompakt erklärt, 2., überarbeitete Auflage von „Additive kompakt“  
aus 2009

Hannover: Vincentz Network, 2018

Farbe und Lack Bibliothek

ISBN 978-3-86630-702-5

© 2018 Vincentz Network GmbH & Co. KG, Hannover

Vincentz Network, Postfach 6247, 30062 Hannover, Germany

Das Werk einschließlich seiner Einzelbeiträge aus Abbildungen ist  
urheberrechtlich geschützt. Jede Verwendung außerhalb der engen Grenzen des  
Urhebergesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar.

Dies gilt insbesondere für die Vervielfältigungen, Übersetzungen,  
Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen  
Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Warenzeichen und Handelsnamen in die-  
sem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass solche Namen ohne weiteres von  
jedermann benutzt werden dürfen. Vielmehr handelt es sich häufig um geschützte,  
eingetragene Warenzeichen.

Das Verlagsverzeichnis schickt Ihnen gern:

Vincentz Network, Plathnerstr. 4c, 30175 Hannover, Germany

Tel. +49 511 9910-033, Fax +49 511 9910-029

E-mail: [buecher@farbeundlack.de](mailto:buecher@farbeundlack.de), [www.farbeundlack.de](http://www.farbeundlack.de)

Satz: Vincentz Network, Plathnerstr. 4c, 30175 Hannover, Germany

Druck: BWH GmbH, Hannover, Germany

**FARBEUNDLACK // BIBLIOTHEK**

**Bodo Müller**

# **Lackadditive kompakt erklärt**

**2., überarbeitete Auflage**

# Auf ein Wort

Vom Erfolg der ersten Auflage mit dem Titel „Additive kompakt“ war der Autor nicht überrascht und hat sich deshalb gerne in die Pflicht nehmen lassen, diese inhaltlich zu überarbeiten und zu aktualisieren. Der Titel wurde dabei in „Lackadditive kompakt erklärt“ geändert, um den Lehrbuchcharakter für Lacke deutlicher zu machen.



Additive (Zusatz- oder Hilfsstoffe) sind Substanzen, die einem Lack in geringen Mengen (meistens weniger als 1 %) zugesetzt werden, um die Eigenschaften des Lacks bzw. der daraus hergestellten Beschichtung in die gewünschte Richtung zu verändern. Additive für Lacke sind wie „Arzneien“ und können so auch negative Nebenwirkungen haben.

Lackadditive kann man wie folgt in Funktionsadditive und Formulierungsadditive unterteilen:

Formulierungsadditive sind Additive, die bei der Herstellung, Lagerung und Verarbeitung von Lacken wirken; Beispiele sind Netz- und Dispergiermittel, rheologische Additive, Verlaufsmittel, Entschäumer, Katalysatoren, Fotoinitiatoren, Filmbildhilfsmittel, Neutralisationsmittel und Hautverhinderungsmittel.

Funktionsadditive beeinflussen bestimmte Eigenschaften der festen Beschichtung; Beispiele sind Korrosionsschutzadditive, Haftvermittler, Lichtschutzadditive und Hydrophobierungsmittel.

Das vorliegende Buch versteht sich in erster Linie als Lehrbuch und ist aus meinen Vorlesungen an der Hochschule Esslingen entstanden. Sein Ziel ist eine chemische und anwendungstechnische Beschreibung von unterschiedlichen Klassen der Lackadditive. Test- und Prüfmethode sind nicht Thema dieses Buches.

Aufgrund der Fülle von verschiedensten Lackadditiven beschränkt sich dieses Buch auf die wichtigsten Typen; dafür werden diese lehrbuchmäßig erklärt. Darüber hinaus sollen Schadensbilder, die die Additive beseitigen oder verhindern, anhand von Fotos und Abbildungen verdeutlicht werden. Ein Bild sagt bekanntlich mehr als tausend Worte. In einzelnen Fällen werden Lackrezepturen (Richtrezepturen von Lackrohstoffherstellern) zur spezifischen Erklärung des Additiveinsatzes herangezogen und so wird ganz gezielt auf die Belange der Lackindustrie eingegangen.

Auf patentrechtliche Einschränkungen und eingetragene Warenzeichen (z.B. <sup>TM</sup> oder <sup>®</sup>) wird nicht ausdrücklich hingewiesen. Produkt- und Markennamen werden so wenig wie möglich verwendet, lassen sich aber nicht ganz vermeiden. Es muss in Betracht gezogen

werden, dass sich heutzutage durch Firmenverkäufe Produkt- und Markennamen kurzfristig ändern können.

Ziel des vorliegenden Lehrbuchs über Lackadditive ist es, angehende Lacklaboranten, Techniker, Bachelors, Ingenieure oder Chemiker mit dieser Lackrohstoffgruppe vertraut zu machen; gewisse Grundlagenkenntnisse der Chemie müssen dabei vorausgesetzt werden. Darüber hinaus kann es auch als Nachschlagewerk für alle an Lacken, Lackrohstoffen und Beschichtungen interessierte Leser dienen.

Würzburg im Juni 2018

Bodo Müller  
bo\_mueller@t-online.de

### **Haftungsausschluss**

Es ist darauf hinzuweisen, dass der Autor lediglich seine persönliche Auffassung nach bestem Wissen und Gewissen wiedergibt. Dies entbindet den Leser nicht davon, eigene Nachforschungen bei der An- oder Verwendung der verschiedenen beschriebenen Verfahren oder Erzeugnisse anzustellen und/oder ergänzende Beratungsleistungen einzuholen. Eine Haftung des Autors ist insofern unter allen rechtlichen Gesichtspunkten ausgeschlossen.

# Wir empfehlen auch folgende Bücher:



## Lackformulierung und Lackrezeptur

BODO MÜLLER  
ULRICH POTH

Lackformulierung Schritt für Schritt: Die Entwicklung von Lacken ist ein kreativer Prozess – und erfordert gleichzeitig eine solide wissenschaftliche Basis. Genau diese Basis liefert das Buch „Lackformulierung und Lackrezeptur“ nun bereits in der vierten Auflage: Inhaltlich vollständig überarbeitet und um aktuelle Richtrezepturen ergänzt, vermittelt das Lehrbuch die Rezeptentwicklung von Lacken in einzelnen, gut nachvollziehbaren Schritten und liefert wertvolle Hinweise, um erfolgreich praxiserprobte Formulierungen zu entwickeln.

4., überarbeitete Auflage, 2017 //  
324 Seiten // gebunden // 169,- € // **Bestell-Nr.: 875**  
eBook: 875\_EBOOK



## Lehrbuch der Lacktechnologie

BROCK, GROTEKLAES, MISCHKE, STREHMEL

Von der Lackchemie über verfahrenstechnische Kenntnisse bis hin zu Kompetenzen in Qualitätsprüfung, Umweltschutz- und Sicherheitsregularien: Dieses Lehrbuch vermittelt das gesamte Wissen, das heutzutage in der Lackindustrie erforderlich ist – umfassend und praxisnah!

2016 // 468 Seiten // gebunden // 169,- €  
**Bestell-Nr.: 15398** // eBook: 15398\_PDF



## Lack von A bis Z

PAOLO NANETTI

Schnell und übersichtlich finden Sie in diesem alphabetisch angeordneten Begriffslexikon Definitionen und Erklärungen zu speziellen Stichworten der Lackbranche. Grundlegende chemische Kenntnisse oder lacktechnische Vorkenntnisse sind dabei nicht erforderlich.

2009 // 221 Seiten // gebunden // 99,- €  
**Bestell-Nr.: 170** // eBook: 170\_PDF



## Lack für Einsteiger

PAOLO NANETTI

Speziell für Neu- und Quereinsteiger der Lack-Branche verfasst, vermittelt dieses Buch ein solides Basiswissen der Lacktechnologie und stellt grundlegende Zusammenhänge zwischen Rezeptstrukturen, Herstellungsverfahren und Fertigungsparametern übersichtlich dar.

2016 // 221 Seiten // gebunden // 99,- €  
**Bestell-Nr.: 15410** // eBook: 15410\_PDF

[www.farbeundlack.de/shop](http://www.farbeundlack.de/shop)

Vincenz Network // Postfach 6247 // 30062 Hannover // Deutschland  
T +49 511 9910-033 // [info@farbeundlack.de](mailto:info@farbeundlack.de)



# Inhalt

<b>1</b>	<b>Netz- und Dispergiermittel</b> .....	<b>11</b>
1.1	Dispergierprozess.....	11
1.2	Stabilisierung von Dispersionen.....	14
1.2.1	Elektrostatische Stabilisierung.....	16
1.2.2	Sterische Stabilisierung.....	17
1.3	Beispiele für Netz- und Dispergiermittel.....	19
1.3.1	Dispergiermittel.....	19
1.3.2	Netzmittel.....	24
1.4	Oberflächenbelegung von Pigmenten bzw. Füllstoffen.....	31
1.4.1	Organische Buntpigmente.....	31
1.4.2	Titandioxid.....	34
1.4.3	Füllstoffe.....	36
1.4.4	Pyrogene Kieselsäure.....	37
1.4.5	Plättchenförmige Metallpigmente.....	40
1.5	Literatur.....	45
<b>2</b>	<b>Verlaufsmittel/Untergrundbenetzungsmittel</b> .....	<b>47</b>
2.1	Oberflächenstörungen.....	47
2.2	Silicon-Additive.....	50
2.2.1	Polydimethylsiloxane.....	51
2.2.2	Chemisch modifizierte Silicon-Additive.....	51
2.3	Literatur.....	54
<b>3</b>	<b>Entschäumer</b> .....	<b>55</b>
3.1	Schaumarten und Schaumstabilisierung.....	55
3.2	Arten und Wirkungsweisen von Entschäumern.....	59
3.2.1	Entschäumer für wässrige Lacke.....	60
3.2.2	Entschäumer für lösemittelhaltige Lacke.....	62
3.3	Entlüftung von Pulverlacken.....	63
3.4	Literatur.....	64
<b>4</b>	<b>Rheologisch wirksame Additive</b> .....	<b>65</b>
4.1	Rheologieadditive für wässrige Lacke bzw. Dispersionsfarben.....	68
4.1.1	Schichtsilicate.....	69
4.1.2	Pyrogene Kieselsäuren.....	72
4.1.3	Polymere Rheologieadditive.....	73



# Inhalt

---

4.2	Rheologieadditive für lösemittelhaltige Lacke.....	83
4.2.1	Organoschichtsilicate .....	83
4.2.2	Pyrogene Kieselsäuren .....	86
4.2.3	Rheologische Additive auf Harnstoffbasis.....	87
4.3	Rheologisch wirksame Additive in Einbrennlacken .....	90
4.4	Literatur.....	91
<b>5</b>	<b>Katalysatoren.....</b>	<b>93</b>
5.1	Sikkative .....	94
5.1.1	Hautverhinderungsmittel.....	97
5.2	Katalysatoren für Polyurethan-Lacke .....	99
5.3	Katalysatoren für 2K-Epoxidharz-Lacke.....	104
5.4	Säurekatalysatoren für Einbrennlacke.....	106
5.5	Literatur.....	110
<b>6</b>	<b>Haftvermittler.....</b>	<b>111</b>
6.1	Silanhaftvermittler .....	113
6.2	Silan-Haftprimer .....	115
6.3	Dünne Polymerhaftsichten.....	116
6.4	Aminosilan als Härter in 2K-Epoxidharzlacken .....	117
6.5	Literatur.....	119
<b>7</b>	<b>Korrosionsschutzadditive .....</b>	<b>121</b>
7.1	Korrosion von Metallen.....	121
7.2	Abgrenzung von Korrosionsschutzpigmenten .....	122
7.3	Organische Korrosionsschutzadditive .....	125
7.4	Korrosionsinhibitoren für Metallpigmente in alkalisch wässrigen Lackmedien.....	127
7.5	Literatur.....	119
<b>8</b>	<b>Lichtschutzadditive und weitere Maßnahmen zur Verbesserung der Bewitterungsbeständigkeit.....</b>	<b>131</b>
8.1	Photooxidation/UV-Degradation .....	132
8.1.1	Absorption und Emission von Licht .....	132
8.1.2	Photooxidation von Polymeren und Lackbindemitteln .....	134
8.2	Schadensbilder von Beschichtungen nach der Bewitterung.....	139
8.2.1	Kreidung.....	139
8.2.2	Ausbleichen.....	142
8.2.3	Versprödung und Rissbildung .....	143

8.2.4	Besonderheiten bei der Bewitterung von Holz .....	145
8.2.5	Spezielle Schadensbilder bei Zweischicht-Effektlackierungen.....	146
8.3	Stabilisierung von Lackfilmen gegen Photooxidation.....	148
8.3.1	Pigmentierung.....	148
8.3.2	Lichtschutzadditive .....	151
8.4	Literatur.....	157
<b>9</b>	<b>Photoinitiatoren.....</b>	<b>159</b>
9.1	UV-härtende Beschichtungen.....	159
9.2	Wirkungsweise von Photoinitiatoren.....	160
9.3	Literatur.....	163
<b>10</b>	<b>Filmbildehilfsmittel.....</b>	<b>165</b>
10.1	Filmbildung von Primärdispersionen.....	165
10.2	Wirkungsweise von Filmbildehilfsmitteln .....	168
10.3	Literatur.....	170
<b>11</b>	<b>Neutralisationsmittel.....</b>	<b>171</b>
11.1	Neutralisationsmittel für Carboxylgruppen-haltige Lackbindemittel .....	171
11.2	Neutralisationsmittel für Amingruppen-haltige Lackbindemittel.....	173
11.3	Literatur.....	175
	<b>Autor.....</b>	<b>177</b>
	<b>Index.....</b>	<b>179</b>

# 1 Netz- und Dispergiermittel

## 1.1 Dispergierprozess

Für den Dispergierprozess ist zunächst eine Charakterisierung der Pigmentteilchen angebracht (Abbildung 1.1). Als Primärteilchen bezeichnet man die bei der Pigmentherstellung entstehenden kleinen Einzelkristalle. Aggregate sind flächig verwachsene Primärteilchen; beim Dispergieren werden sie in der Regel nicht getrennt. Unter Agglomeraten schließlich versteht man Zusammenlagerungen von Primärteilchen bzw. Aggregaten über Ecken und Kanten (Abbildung 1.1 bis 1.3).

Abbildung 1.2 zeigt eine rasterelektronenmikroskopische und Abbildung 1.3 eine lichtmikroskopische Aufnahme von Pigment Red 3 als typisches Beispiel für Agglomerate eines organischen Buntpigments.

Mahlprozesse unterscheidet man in Echtvermahlung (Zerkleinerung von Primärpartikeln) und Desagglomerieren (Zerkleinerung von Agglomeraten zu Aggregaten bzw. Primärpartikeln). Im Sprachgebrauch der Lacktechnologie wird unter Dispergieren bzw.

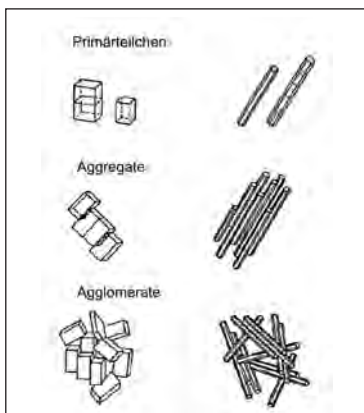


Abbildung 1.1: Vereinfachte Darstellung von Primärteilchen, Aggregaten und Agglomeraten (vgl. DIN 53 206 T1)

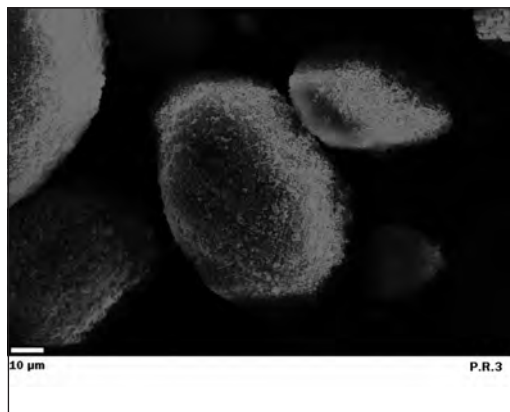


Abbildung 1.2: Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme von Pigment Red 3

## Netz- und Dispergiermittel

---

Mahlen das homogene Verteilen von feinstteiligen Feststoffpartikeln (z.B. Pigmente) in einem flüssigen Medium (häufig Bindemittellösung) verstanden, d.h. das Desagglomerieren. Da die Pigmentdispersion der wichtigste Schritt bei der Lackherstellung ist, und es für das Verständnis von Dispergieradditiven notwendig ist, wird an dieser Stelle kurz auf den Dispergierprozess eingegangen.

Beim Dispergieren müssen die Haftkräfte (z.B. van der Waals-Kräfte), die zwischen den Pigmentpartikeln wirken, überwunden werden<sup>[1]</sup>. Dispergieradditive (Dispergiermittel) werden benötigt, um die nach der Pigmentdispersion erhaltene deflockulierte Pigmentdispersion über längere Zeiträume zu stabilisieren, d.h. eine Flockulation (Flockung) der Pigmentteilchen zu verhindern<sup>[2]</sup>, hierauf wird in Kapitel 1.2 eingegangen.

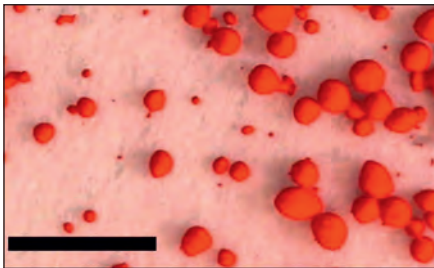


Abbildung 1.3: Lichtmikroskopische Aufnahme von Pigment Red 3 (Maßstabsbalken 1 mm)

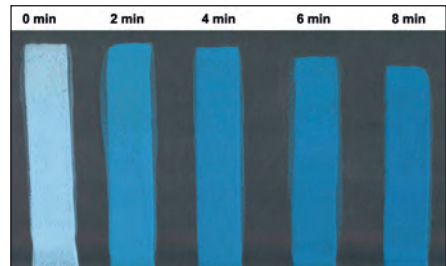


Abbildung 1.4: Aufstriche von Pigment Blue 60 abgemischt mit Titandioxid nach unterschiedlichen Dispergierzeiten in einem wässrigen Dispersionslack (Farbstärkeentwicklung)

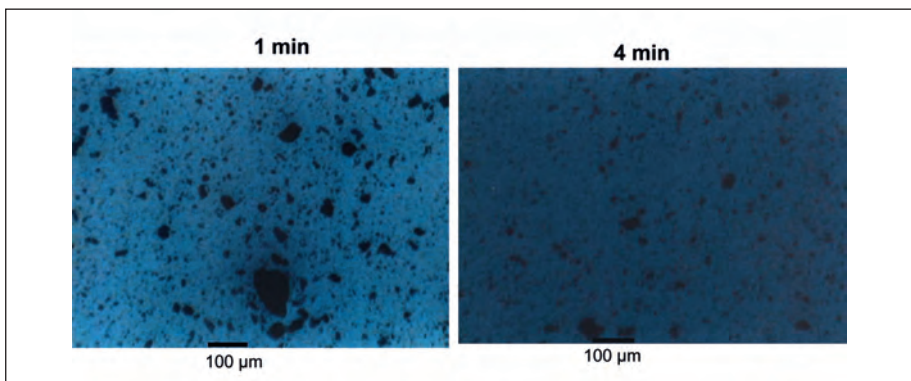


Abbildung 1.5: Lichtmikroskopische Aufnahme (Durchlicht) einer Dispersion von Phthalocyaninblaupigment nach unterschiedlichen Dispergierzeiten

Zweck des Dispergierprozesses ist es, die Agglomerate zu zerteilen. Im Idealfall erhält man eine Dispersion bestehend aus Primärteilchen und Aggregaten. In der Praxis kommt es häufig nur zum Zerteilen von großen Agglomeraten zu kleineren<sup>[3]</sup>. Eine Überdispergierung (im Extremfall: Zerkleinerung von Primärpartikeln, Echtvermahlung) muss unbedingt vermieden werden, da hierbei die Nachbehandlung der Pigmentoberflächen beschädigt wird und damit anwendungstechnische Eigenschaften der Pigmente nachteilig beeinflusst werden (siehe Kapitel 1.4).

Der Dispergierprozess besteht aus drei Schritten:

- **Benetzen** von Pigmentagglomeraten
- **Zerteilen** (besser Desagglomerieren) von Pigmentagglomeraten (Technik siehe<sup>[4]</sup>)
- **Stabilisieren** der erhaltenen Dispersion gegen Flockulation (siehe folgendes Kapitel 1.2)

Die Benetzung von Pigmentagglomeraten läuft in zwei Schritten ab: dem Ausbreiten der flüssigen Phase auf der Agglomeratoberfläche und dem Eindringen der flüssigen Phase in die Poren bzw. Hohlräume der Pigmentagglomerate (Verdrängung von Luft).

Das mechanische Zerteilen (Desagglomerieren) der Pigmentagglomerate erhöht beispielsweise die Farbstärke von Buntpigmenten (siehe Abbildung 1.4) und damit deren Wirtschaftlichkeit.

Abbildung 1.5 zeigt lichtmikroskopische Aufnahmen (Durchlicht) einer Dispersion von Phthalocyaninblaupigment nach unterschiedlichen Dispergierzeiten; das qualitative Kleinerwerden der Agglomerate mit zunehmender Dispergierzeit ist deutlich zu erkennen.

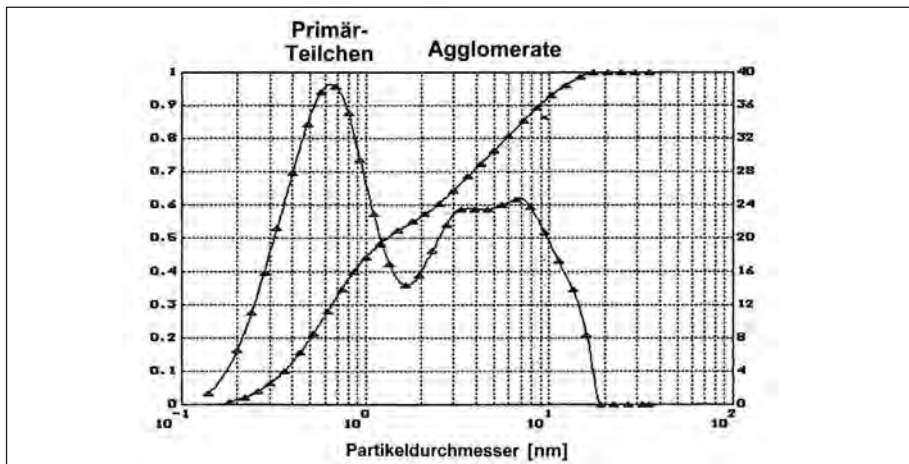


Abbildung 1.6: Teilchengrößeverteilung eines organischen Rotpigments in einem wässrigen Bindemittel (Nullprobe,  $d_{50} = 1,3 \mu\text{m}$ , siehe auch Abbildung 1.8)

Die Abbildungen 1.6 und 1.7 zeigen das Kleinerwerden der Agglomerate mit zunehmender Dispergierzeit quantitativ durch Messung der Teilchengrößenverteilung. Nach 10 Minuten sind die Agglomerate vollständig verschwunden (Abbildung 1.4), d.h. der Dispergierprozess ist abgeschlossen.

Abbildung 1.6 zeigt, dass schon das Vordispergieren mit dem Dissolver einen Teil der Agglomerate zu den Primärteilchen zerteilt hat; nach 10 Minuten Dispergierzeit sind alle Agglomerate zerteilt (Abbildung 1.7). In Abbildung 1.8 werden Aufzüge von Weißabmischungen der beiden Proben gezeigt; der Gewinn an Farbstärke ist deutlich zu erkennen).

## 1.2 Stabilisierung von Dispersionen

Beim Dispergieren werden Anziehungskräfte (z.B. van der Waals-Kräfte), die zwischen den Pigmentteilchen wirken, überwunden. Dispergieradditive werden benötigt, um die nach der Pigmentdispergierung erhaltene deflockulierte Pigmentdispersion zu stabilisieren, d.h. eine Flockulation der Pigmentteilchen durch diese Anziehungskräfte zu verhindern<sup>[2]</sup>. Die Begriffe Dispergiermittel und Dispersionsmittel müssen streng unterschieden werden. Dispergiermittel sind gleichzusetzen mit Dispergieradditiven, während Dispersionsmittel das flüssige Medium ist, in dem die Pigmentpartikel dispergiert werden.

Als Flockulation bezeichnet man nun die Zusammenlagerung von dispergierten Pigmentteilchen in einem flüssigen Beschichtungsstoff bedingt durch die zwischen den Partikeln wirkenden Anziehungskräfte (z.B. van der Waals-Kräfte). Flockulation verkleinert

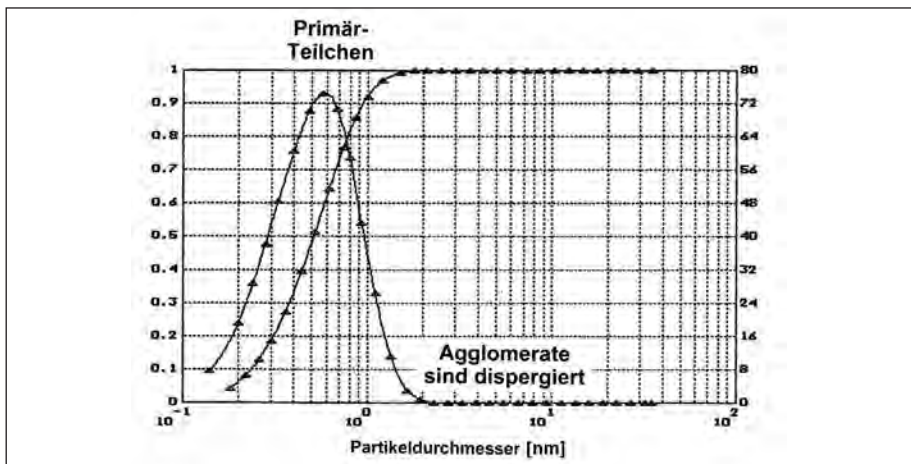


Abbildung 1.7: Teilchengrößenverteilung eines organischen Rotpigments in einem wässrigen Bindemittel (nach 10 Minuten Dispergierzeit,  $d_{50} = 0,51 \mu\text{m}$ , siehe auch Abbildung 1.8)

damit die Phasengrenzfläche Pigment/Dispersionsmittel. Die meisten dispersen Systeme sind in Bezug auf die Verkleinerung der Phasengrenzfläche (z.B. durch Flockulation) thermodynamisch instabil<sup>[3]</sup>. Warum?

Die notwendige Arbeit (Energieaufwand), um Moleküle aus dem Inneren einer Phase an deren Oberfläche zu bringen, berechnet sich nach:

$$W = \gamma \cdot \Delta A$$

wobei

W	Arbeit [Energie]
$\gamma$	Grenzflächenspannung [Kraft/Länge = Energie/Fläche] <sup>[3]</sup>
$\Delta A$	Zuwachs der Grenzfläche [Fläche]

Die Arbeit W ist also proportional zum Zuwachs der Grenzfläche  $\Delta A$  und zur Grenzflächenspannung  $\gamma$ . D.h. je größer die Grenzfläche und je größer die Grenzflächenspannung, desto höher ist der Energieinhalt des dispersen Systems und desto instabiler ist es (thermodynamisch). Eine Flockulation erniedrigt den Energieinhalt eines dispersen Systems, da die Grenzfläche  $\Delta A$  dadurch erniedrigt wird; d.h. durch Flockulation geht das disperse System in seinen thermodynamisch stabilen Zustand über (Abbildung 1.9).

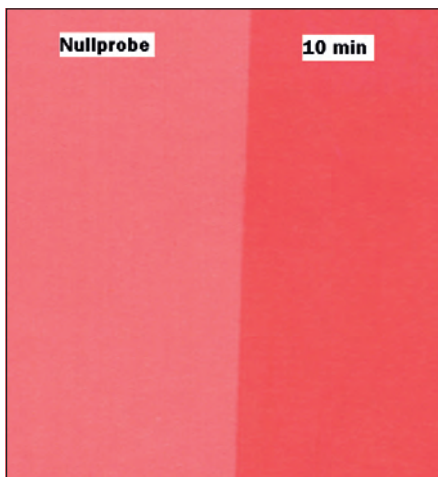


Abbildung 1.8: Weißabmischungen eines organischen Rotpigments in einem wässrigen Bindemittel: Nullprobe und nach 10 Minuten Dispergierzeit (siehe Teilchengrößerverteilungen in Abbildung 1.6 und 1.7)

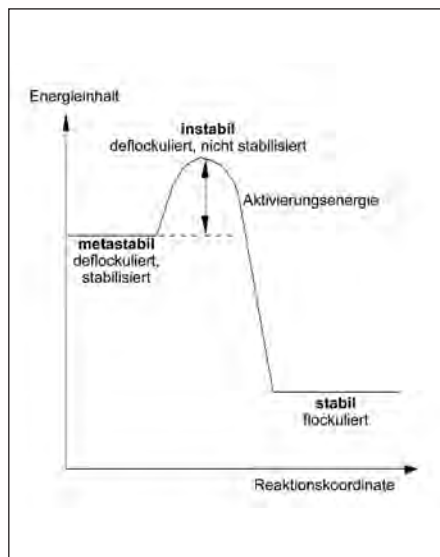


Abbildung 1.9: Thermodynamische Zustände von Pigmentdispersionen

**Dr. Markus Boos, Technischer Leiter Forschung und  
Entwicklung, Remmers GmbH, Lönigen**

Additive sind für Lackformulierungen wie das berühmte Salz in der Suppe: Erst die korrekte Kombination und Dosierung der gewählten Hilfsstoffe erlaubt die zielgerichtete Formulierung marktgerechter Farben und Lacke.

Von genau diesen Additiven handelt auch Bodo Müllers überarbeitete und aktualisierte zweite Auflage. Müllers Buch umfasst eine passgenaue Kombination und Dosierung anschaulicher Informationen: Es behandelt in elf Kapiteln alle relevanten Additive. Die Erklärung des anspruchsvollen und komplexen Themas erfolgt dabei ausführlich von verschiedenen Seiten. So werden zum einen der jeweils chemische Charakter der verschiedenen Additive beleuchtet und die daraus resultierenden Funktionalitäten anschaulich beschrieben. Zum anderen kommt der anwendungstechnische Aspekt des Themas nicht zu kurz, indem der sinnvolle Einsatz der zuvor beschriebenen Stoffe in Form von Richtrezepturen exemplarisch dargelegt wird.

Weiterhin bleibt die Neuauflage – chemisches Grundwissen vorausgesetzt – mehr als nur ein leicht lesbares Lehrbuch. Durch seinen Inhalt und Aufbau wird es gleichzeitig jenen Lesern, die nur eine schnelle Übersicht zu einem spezifischen Additiv benötigen, als wertvolles Nachschlagewerk dienen. So ist dieses Buch nicht nur für Studierende und Lackentwickler unverzichtbar, die die Frage nach dem „Warum?“ treibt, sondern auch für diejenigen, die eher pragmatisch veranlagt sind und prägnante Anwendungshinweise für ihr tägliches Arbeiten mit Additiven erwarten.

ISBN 978-3-86630-702-5

