

1 Allgemeine Einführung (B. Müller)

1.1 Was ist Lack?

Lacke sind Halbfabrikate (Zwischenprodukte); die End- bzw. Fertigprodukte sind die lackierten Objekte.

Lacke (Anstrichstoffe) sind flüssige bis pastenförmige oder auch pulverförmige Stoffe, die aus Bindemitteln, sowie ggf. zusätzlich aus Pigmenten und anderen Farbmitteln, Füllstoffen, Lösemitteln und Additiven bestehen.

1.2 Volkswirtschaftliche Bedeutung

	Anteil [%]
Bautenschutz	65
Holz/Möbel	4
Autoserie	6
Autoreparatur	2
Industrie	16
Korrosionsschutz	3
Sonstige	4

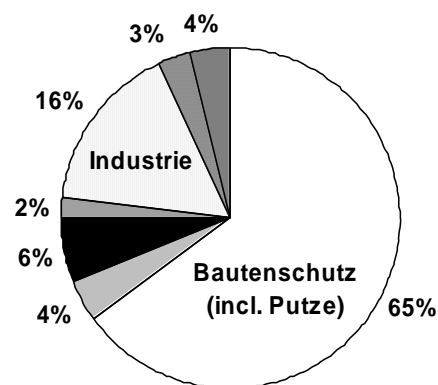


Abbildung 1-1: Aufgliederung des Lackverbrauchs 2003 (Inland); 100% entsprechen 1,5 Mio. to oder 3,5 Milliarden Euro. In Deutschland gibt es ca. 250 Lackfabriken mit 21 000 Beschäftigten.

1.3 Gesichtspunkte des Umweltschutzes

Lacke haben in der öffentlichen Meinung leider häufig ein negatives Image, da in der Vergangenheit schützende oder dekorative organische Beschichtungen meist in lösemittelhaltiger Form appliziert wurden, was zur Emission von organischen Lösemitteln führte. Diesem Negativimage soll in diesem Abschnitt durch die Beschreibung von emissionsreduzierenden Maßnahmen, die die Umweltverträglichkeit von Lacken verbessern, entgegengewirkt werden. Zur Reduzierung der Emission von organischen Lösemitteln bieten sich bei der Lackformulierung drei Wege an:

1. "High-Solids"-Lacke (d.h. Lacke mit hohem nichtflüchtigen Anteil und damit geringem Anteil an Lösemitteln)
2. Ersatz von organischen Lösemitteln durch Wasser
 - Wasserlacke
 - Dispersionsfarben
3. Lösemittelfreie Lacke
 - 2-Komponenten-Systeme
 - strahlungshärtende Beschichtungen
 - Pulverlacke

Darüber hinaus kann die Emission von organischen Lösemitteln anderweitig reduziert werden, so bei der Applikation durch Verfahren mit höherem Auftragswirkungsgrad (z.B. elektrostatische Lackapplikation) oder durch Lösemitteladsorption.

1.4 Ganzheitliche Betrachtung von Lacken

Abbildung 2 zeigt eine ganzheitliche Betrachtung von Lacken und Beschichtungen und zwar von der Ressourcenaufbereitung (z.B. Erdölgewinnung) über die Herstellung von Lackrohstoffen und Lacken bis hin zur Entsorgung der lackierten Objekte nach Ablauf ihrer Nutzungsdauer.

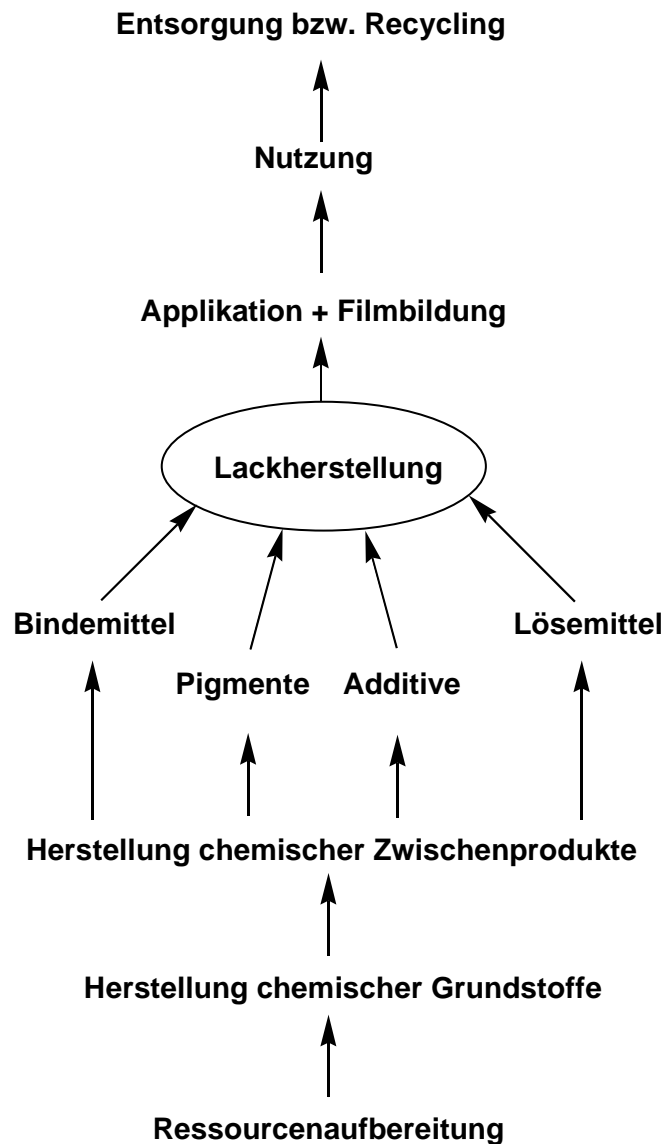


Abbildung 1-2: Ganzheitliche Betrachtung von Lacken und Beschichtungen. Ressourcenaufbereitung ist z.B. die Erdölgewinnung; Chemische Grundstoffe sind z.B. Ethylen, Propylen; Chemische Zwischenprodukte sind z.B. Acrylsäure, Epichlorhydrin.

Alle in Abbildung 2 gezeigten Schritte müssen bei der ökologischen Bewertung eines Lacksystems berücksichtigt werden.

1.5 Lacke als "High-Tech"-Produkte

Wie schon angesprochen, haben Lacke wegen der Lösemittlemission leider oft ein negatives Image. Über emissionreduzierende Maßnahmen, wie die Einführung von Wasser- oder Pulverlacken, wird in den Massenmedien meist nicht berichtet. Dagegen findet in der breiten Öffentlichkeit zur Zeit eine

intensive Diskussion über sog. Zukunfts- oder Schlüsseltechnologien statt. In letzter Zeit wird in diesem Zusammenhang auch verstärkt die Nanotechnologie genannt. Im Gegensatz zu Lacktechnologie sind die Begriffe Zukunfts- und Schlüsseltechnologie in der Öffentlichkeit positiv besetzt.

Ein Teilbereich der Nanotechnologie sind Nanopartikel, worunter Partikel mit Durchmessern unter 100 nm verstanden werden. Dabei sollte man aufhorchen, da viele feinteilige Pigmente oder Füllstoffe nichts anderes als Nanopartikel sind. Altbekannte Lackrohstoffe, wie Rußpigmente oder pyrogene Kieselsäure (Abb. 3), werden neuerdings mit der Überschrift Nanopartikel versehen.

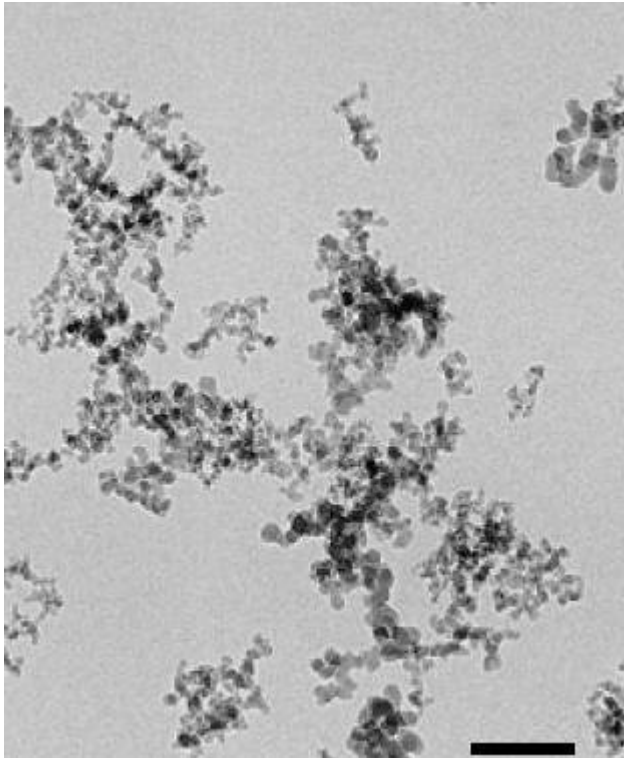


Abbildung 1-3: Transmissionselektronenmikroskopische Aufnahme von pygener Kieselsäure (Aerosil 200, Degussa); Maßstabsbalken 50 nm

Darüber hinaus gibt es in der Lacktechnologie in Bezug auf Nanostrukturen weitere innovative Denkansätze. Es existieren also Zusammenhänge zwischen der öffentlich positiv bewerteten Nanotechnologie und der Lacktechnologie, die meist noch gar nicht richtig als solche erkannt worden sind. Auf diese Zusammenhänge soll hier explizit hingewiesen werden, um das Image von Lacken als "High-Tech"-Produkte zu verbessern.

2 Inhaltstoffe von Lacken (B. Müller)

Lacke bestehen in der Regel aus

- Bindemitteln
- Farbmitteln
- Füllstoffen
- Lösemitteln
- Additiven

Das Bindemittel verbindet die Pigmentteilchen untereinander und mit dem Untergrund.

Die Verfestigung (auch Filmbildung genannt) ist der Übergang eines aufgetragenen Lacks vom flüssigen in den festen Zustand; dies wird durch das Bindemittel bewirkt. Durch die Verfestigung geht der vom Lackhersteller als Zwischenprodukt gelieferte Lack über in das Endprodukt, die auf dem Untergrund haftende Beschichtung.

Die physikalische Trocknung eines aufgetragenen Lacks ist der Übergang vom flüssigen in den festen Zustand unter Abgabe von Lösemitteln (wozu auch Wasser zählt). Physikalisch trocknende Bindemittel sind Thermoplaste mit hohen Molmassen. Beispiele sind Cellulosenitrat („Nitrokombi“) oder wässrige Polymerdispersionen („Dispersionsfarben“).

Die chemische Härtung von Lacken ist der Übergang vom flüssigen in den festen Zustand unter Molmassenvergrößerung und Vernetzung (Bildung von Duromeren). Beispiele für chemische härtende Bindemittel sind Einbrennlacke (z.B. Autolacke) oder 2-Komponenten-Epoxidharz-Beschichtungen für den schweren Korrosionsschutz.

Flüssige Bindemittel (in lösemittelfreien Lacken) können nur durch chemische Reaktionen verfestigen.

Farbmittel ist der Oberbegriff für alle farbgebenden Stoffe; sie können gemäß Abbildung 1 weiter unterteilt werden.

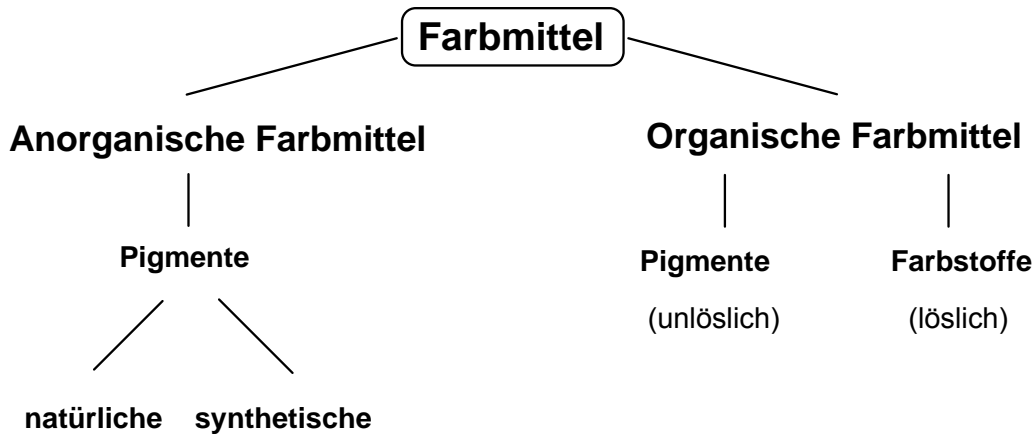


Abbildung 2-1: Farbmittel

Ein Pigment ist eine aus Teilchen bestehende, im Anwendungsmedium praktisch unlösliche Substanz, die (dekorativ) als Farbmittel oder (funktional) wegen ihrer korrosionshemmenden oder anderer spezieller Eigenschaften, z.B. magnetischen, verwendet wird.

Synthetische anorganische Pigmente können weiter in Weiß-, Schwarz-, Bunt- und Glanzpigmente unterteilt werden. Anisometrische Glanzpigmente sind z.B. Metalleffekt- und Perlglanzpigmente.

Füllstoffe sind meist pulverförmige, im Anwendungsmedium praktisch unlösliche Substanzen. Eingesetzt werden sie hauptsächlich zur Vergrößerung des Volumens (Verbilligung), zur Erzielung oder Verbesserung technischer Eigenschaften (z.B. Abrieb- oder Steinschlagbeständigkeit) und/oder Beeinflussung optischer Eigenschaften.

Das Lösemittel ist meist eine aus mehreren Komponenten bestehende Flüssigkeit, die Bindemittel ohne chemische Umsetzung zu lösen vermag. Lösemittel müssen unter den jeweiligen Bedingungen der Filmbildung flüchtig sein. Liegt das Bindemittel nicht gelöst sondern als Dispersion vor, so bezeichnet man die Flüssigphase (häufig Wasser) als Dispersionsmittel.

Ein Additiv (Zusatz- oder Hilfsstoff) ist eine Substanz, die einem Lack in kleinen Mengen zugesetzt wird, um eine oder mehrere Eigenschaft(en) zu verbessern oder zu modifizieren.

Ein Lack ist jedoch mehr als nur eine bloße Mischung der einzelnen Bestandteile. Beschichtungen zeigen verschiedene Phasengrenzflächen (Abb. 2), an denen das polymere Lackbindemittel z.B. adsorbiert wird.

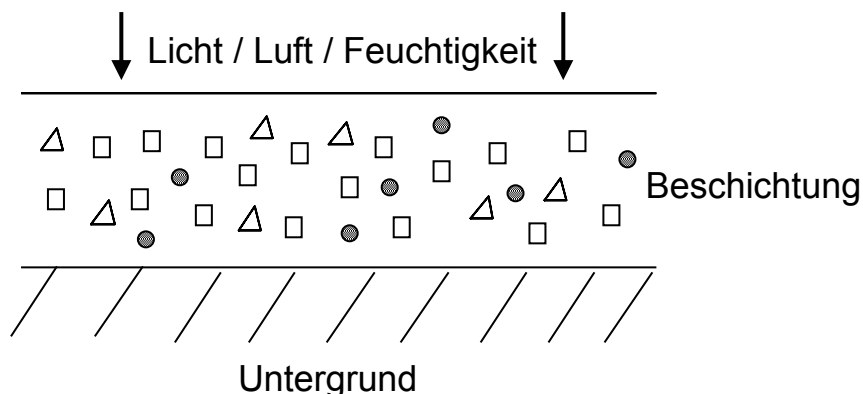


Abbildung 2-2: Schematische Darstellung einer pigmentierten Beschichtung (Querschnitt)

- Die erste Phasengrenzfläche ist die Bindemittel/Untergrund; sie entspricht näherungsweise der planimetrischen Oberfläche des Untergrunds. Die Funktion dieser Phasengrenzfläche ist Haftung (bei metallischen Untergründen auch Korrosionsschutz).

- Die zweite Phasengrenzfläche ist die Bindemittel/Pigment bzw. Füllstoff; diese kann wegen der hohen spezifischen Oberfläche von Pigmenten (bis 100 m²/g) sehr groß werden. Diese Phasengrenzfläche ist für den inneren Verbund der Beschichtung verantwortlich und kann die mechanischen Eigenschaften (z.B. Steinschlagbeständigkeit) mit beeinflussen. Eine pigmentierte Beschichtung lässt sich deshalb auch als (sehr dünner) Verbundwerkstoff bezeichnen.
- Die dritte Phasengrenzfläche ist die Bindemittel/Atmosphäre (bei Unterwasseranstrichen auch Wasser). Die Größe dieser Phasengrenzfläche entspricht etwa der planimetrischen Oberfläche der Beschichtung. Von größter praktischer Bedeutung ist, dass die Bewitterung einer Beschichtung entlang dieser Phasengrenzfläche abläuft.

3 Bindemittel (Wilke)

Als Bindemittel bezeichnet man nach DIN 55945 „den nichtflüchtigen Anteil eines Beschichtungsstoffes ohne Pigmente und Füller, aber einschließlich Weichmacher und anderer nichtflüchtiger Hilfsstoffe. Das Bindemittel verbindet die Pigmentteilchen untereinander und mit dem Untergrund und bildet so mit Ihnen gemeinsam die fertige Beschichtung. In pigment- und füllstofffreien Beschichtungsstoffen umfasst das Bindemittel alle nichtflüchtigen Bestandteile“.

Die Aufgaben der Bindemittel in einem Lack gehen noch über diese Definition hinaus. Sie sorgen für einen wirksamen Oberflächenschutz durch gute Haftung zum Substrat und für eine genügende Elastizität und Härte des Lackfilmes. Sie sind auch dafür zuständig, dass die Beschichtung resistent ist gegenüber Angriffen durch Chemikalien und biologische Medien wie Vogelexkreme. Nach dem Auftrag des Lackmaterials muss dieses sich in eine geschlossene, feste Schicht umwandeln. Diese Anforderung betrifft alle Lacke, seien sie auch noch so unterschiedlich. Den Übergang vom flüssigen Zustand in einen festen, geschlossenen Film nennt man Filmbildung.

Man kann Bindemittel grundsätzlich in auf verschiedene Weise einteilen. Eine Möglichkeit ist die Einteilung in physikalisch trocknende und chemisch härtende Bindemittel.

Physikalisch trocknende Bindemittel bestehen meist aus Makromolekülen hoher Molmasse. Sie werden in flüssiger Form als Lösung oder Dispersion, in fester Form als Pulverlacke verarbeitet. Lösungen aus Bindemitteln sind klar und durchsichtig, wohingegen Bindemittel-Dispersionen opaleszierend bis undurchsichtig trübe sind. Ein natürliches Beispiel für eine flüssige Dispersion ist Milch. Das Prinzip der physikalischen Filmbildung lässt sich besonders einfach am Beispiel von Bindemittellösungen – und dispersionen nachvollziehen

Da die Bindemittelmoleküle in diesem Fall schon ihre endgültige Molmasse in der Lösung haben, kommt die Verfestigung des Lackfilmes nur durch das Entweichen des Lösemittels bzw. Wassers zustande. Hierbei verschlaufen die langen Molekülketten des Bindemittels (Abbildung 3-1).

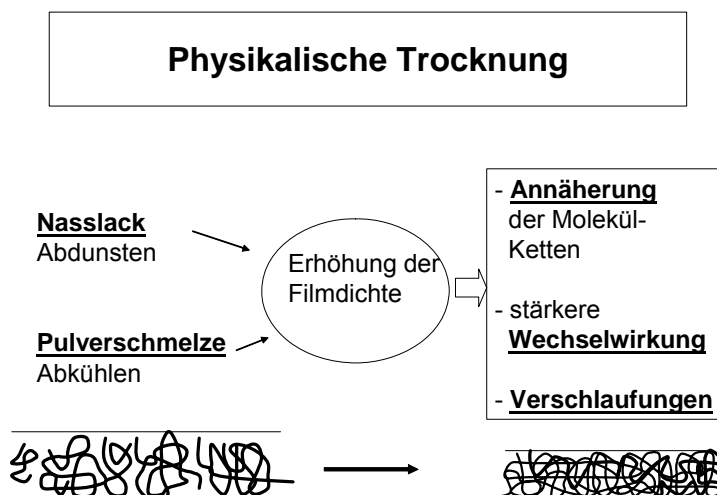


Abbildung 3-1: Physikalische Trocknung

Für hochwertige, strapazierbare Beschichtungen greift man bevorzugt zu chemisch trocknenden bzw. härtenden Filmbildnern. Sie sind die beste Basis für Lackoberflächen mit hohen Beständigkeiten gegenüber Chemikalien, Wetter und mechanischen Beanspruchungen. Chemisch härtende Filmbildner verknüpfen sich durch chemische Reaktionen im Verlauf der Filmbildung zu einem

hochmolekularen Netzwerk (Abbildung 3-2).

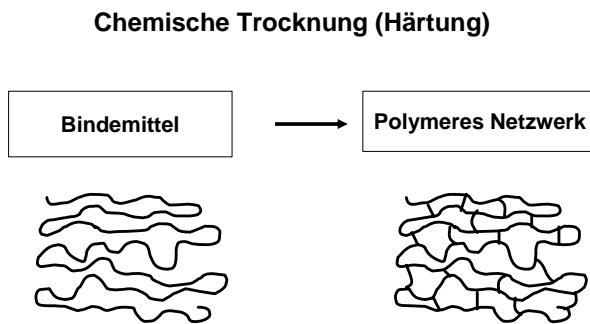


Abbildung 3-2: Chemische Härtung

Chemisch härtende Bindemittel können für sich sowohl flüssig als auch fest sein. Sie werden meist als Lösungen, aber auch als Dispersion in Wasser und in Pulverlacken eingesetzt.

Eine weitere Möglichkeit der Einteilung ist die in natürliche und synthetische Bindemittel (Lackkunstharze). Natürliche Bindemittel wurden schon im Mittelalter hauptsächlich für künstlerische Zwecke eingesetzt. In diese Kategorie gehören beispielsweise die aus Bäumen gewonnenen Harzsäuren. Diese sind in ihrer Herkunft und chemischem Aufbau dem Bernstein eng verwandt und fallen wie dieser als transparenter, gelber bis rotbrauner, hornartig fester Stoff an. Beispiele für solche Naturharze sind Kolophonium, Kopal und Dammar. Durch chemische Modifikation sind bezüglich ihrer Qualität bessere Naturharze zu bekommen. Auch ein anderer aus Bäumen gewonnener Werkstoff lässt sich per chemischer Umwandlung in lacktaugliches Bindemittel verwandelt: Naturkautschuk. Durch Chlorierung wird aus dem hochmolekularen, unlöslichen natürlichen Polymer ein in Lacklösemitteln lösliches Bindemittel.

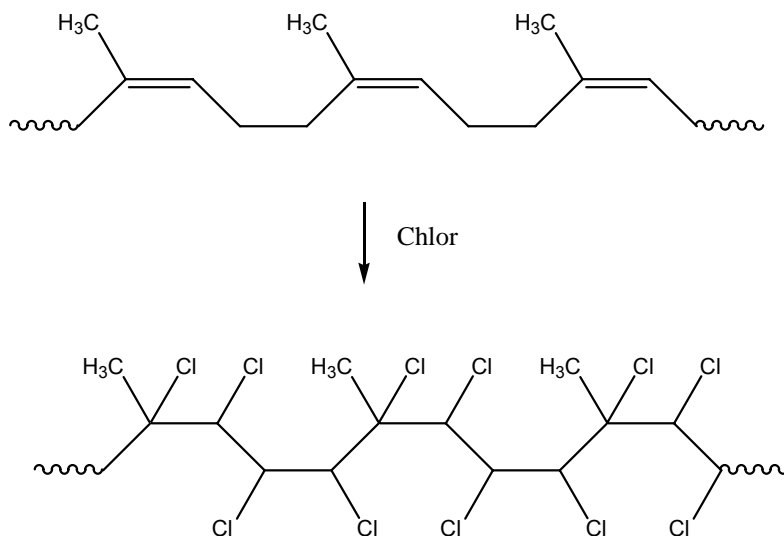


Abbildung 3-3: Chlorkautschuk

Ein weiteres Beispiel für die chemische Modifikation natürlicher Polymere zur Gewinnung von Bindemitteln ist das aus natürlicher Cellulose durch Nitrierung hergestellte Cellulosenitrat. Dieses kommt in Form organischer Lösungen als physikalisch trocknendes Bindemittel zum Einsatz (Abbildung 3-4).

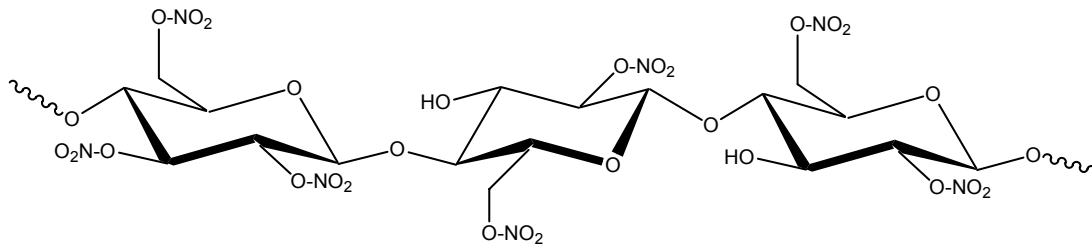
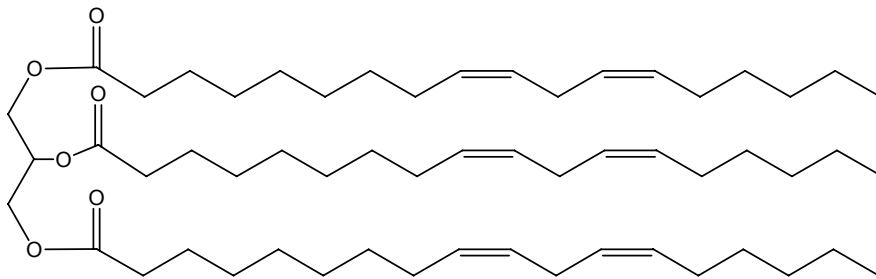


Abbildung 3-4: Cellulosenitrat

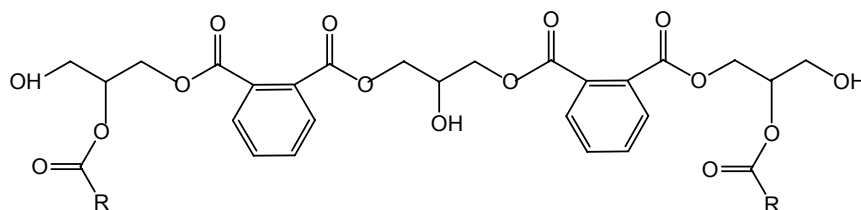
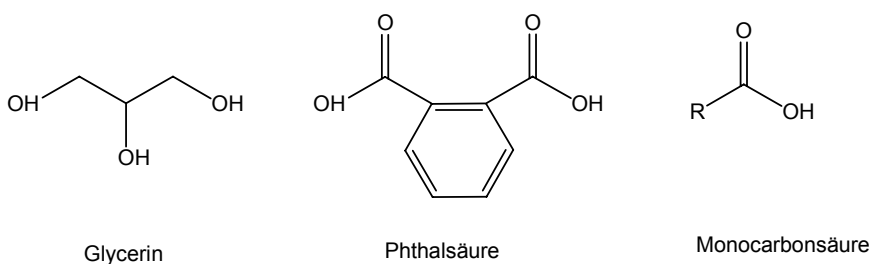
Pflanzliche und tierische fette Öle werden seit langem intensiv als Rohstoffquelle für Lacke und Farben genutzt. Diese in Ölmalen und Malerlacke verwendeten Bindemittel bestehen aus Glycerinestern von gesättigten und ungesättigten Fettsäuren (Abb. 5). Letztere ermöglichen die Härtung an Luft mit Hilfe des Luftsauerstoffs (autoxidative Härtung).



Glycerinester ungesättigter Fettsäuren

Abbildung 3-5: Fettes Öl

Fette Öle bilden die stoffliche Basis für eine der wichtigsten Gruppen der synthetischen Bindemittel, den Alkydharzen. Diese sind aus Polyalkoholen, Polycarbonsäuren, Monocarbonsäuren durch Kondensationsreaktionen hervorgegangene Bindemittel (Polykondensate). Je nachdem ob das Polymergerüst mit Doppelbindungen, überschüssigen Alkohol- oder Säuregruppen ausgestattet ist, gibt es sowohl oxidativ härtende als auch anderweitig chemisch härtbare Alkydharze. Man kann die Alkydharze auch als Polyester auffassen, welche mit Monocarbonsäuren (Fettsäuren) modifiziert sind. Das Bild zeigt beispielhaft ein Alkydharz aus der Dicarbonsäure Phthalsäure, dem Triol Glycerin und einer Monocarbonsäure (Abbildung 3-6).



Alkydharz

Abbildung 3-6: Alkydharz

Zwei den Alkydharzen sehr ähnliche Bindemittel sind die gesättigten und ungesättigten Polyester. Diese werden in chemisch härtbaren Lacken eingesetzt, jedoch reagieren sie anstelle mit der Luft mit anderen Bindemitteln bzw. zugesetzten Härtern. Ein Beispiel eines besonders wichtigen Härtertyps ist das Polyisocyanat. Wie der Name bereits sagt, trägt dieser Härtertyp die Isocyanatgruppe in sich. Sie reagiert mit den Alkohol (OH)-Gruppen von Bindemitteln, wie sie z.B. beim oben dargestellten Alkydharz zu sehen sind, zu einer Urethangruppe.

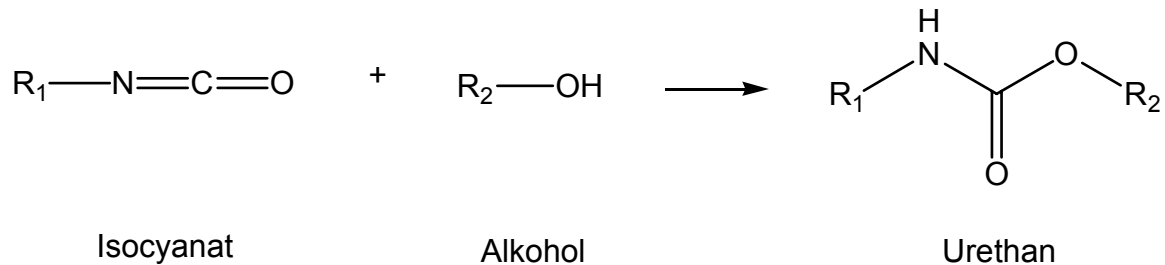


Abbildung 3-7: Urethanbildungsreaktion

Diese Reaktion vollzieht sich u.a. bei der Härtung von 2K-Polyurethanlacken (siehe Lacke). Doch auch beim Aufbau von löslichen oder wasserdispergierbaren Polyurethanbindemitteln aus Polyol und Diisocyanat findet die Urethanbildungsreaktion Anwendung (Abbildung 3-7). Da bei der Reaktion von Isocyanaten mit Alkoholen kein Kondensationsprodukt (z.B. Wasser) entsteht und beide Partner schlichtweg aneinander addiert werden, zählt man die Polyurethane zu den Polyaddukten. Polyurethane sind demnach Makromoleküle mit vielen Urethangruppen. Es gibt sowohl physikalisch trocknende als auch chemisch härtende Polyurethanbindemittel

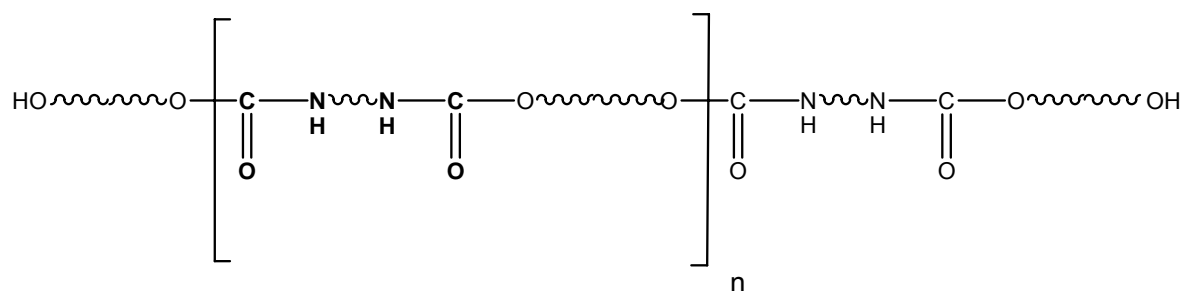


Abbildung 3-8: Polyurethanbindemittel

Ebenfalls zu den Polyaddukten gehören die Epoxydharze. Sie werden ebenfalls vornehmlich in chemisch härtenden Lacken eingesetzt.

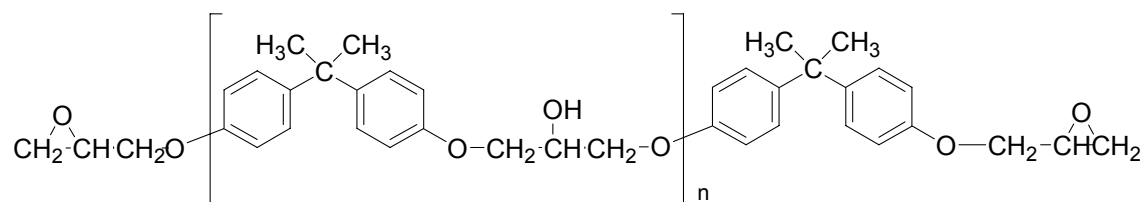
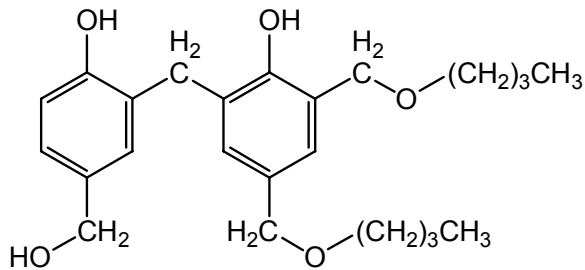


Abbildung 3-9: Epoxydharz

Eine sehr vielfältige Gruppe von Bindemitteln sind Additionsprodukte von Formaldehyd und stellen recht niedrigmolekulare Verbindungen dar. Die wichtigsten dieser Vertreter sind die Phenolharze und Melaminharze (Abbildung 3-10). Ihre Hydroxylgruppen sind mehr oder weniger verethert, um die Löslichkeit in typischen Lacklösemitteln zu verbessern. Das den Hydroxyl- bzw. Ethergruppen benachbarte Methylenkohlenstoffatom ist Angriffspunkt bei der später behandelten Vernetzungsreaktion in Einbrennlacken

Phenolharz



Melaminharz

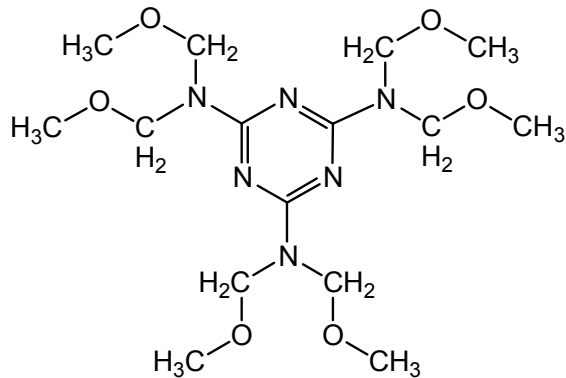
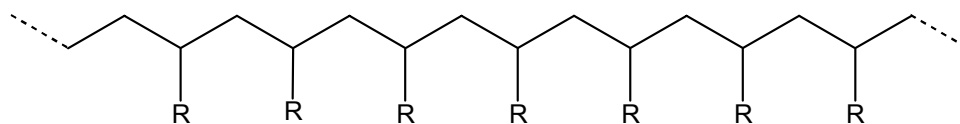
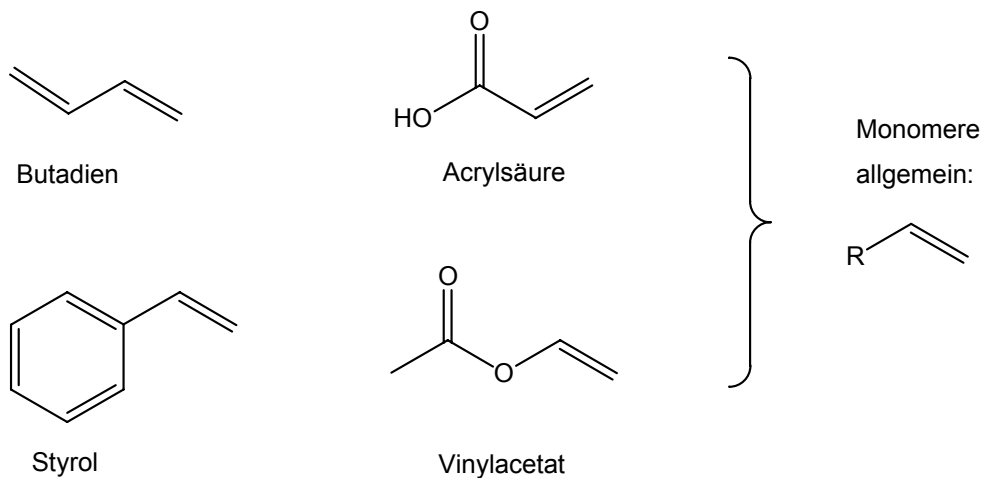


Abbildung 3-10: Phenol- und Melaminharz

Die mengenmäßig größte Gruppe Bindemittel sind die Polymerisate. Sie entstehen durch Polymerisation von doppelbindungshaltigen Monomeren wie Styrol, Acrylsäure(ester), Vinylacetat und Butadien. Es sind die am häufigsten in wässrigen Dispersionen eingesetzten Bindemittel, die wegen ihres überwiegend sehr hohen Molekulargewichtes meist physikalisch trocknend eingesetzt werden. Durch die zahlreichen verschiedenen Monomeren, deren Gewichtsanteil breit variiert werden kann, ergibt sich eine kombinatorisch große Zahl an Polymerisationsbindemitteln. Ihre Filmbildungsvermögen, aber auch ihre Härte und Beständigkeiten hängen sehr stark von der Zusammensetzung an Monomeren ab (Abbildung 3-11).



Polymerisat

Abbildung 3-11: Polymerisationsbindemittel

Eine für wässrige Lacke besonders wichtige Gruppe von Bindemitteln wird über Polymerisation hergestellt, die Polyacrylate (bzw. Acrylate). Die als Monomer mit einpolymerisierte Acrylsäure sorgt mit ihrer Carboxylgruppe für die Wasserverträglichkeit. Diese kann durch Umwandlung in ihr Anion (durch Umsetzung mit einer Base) noch verbessert werden (Abbildung 3-12).

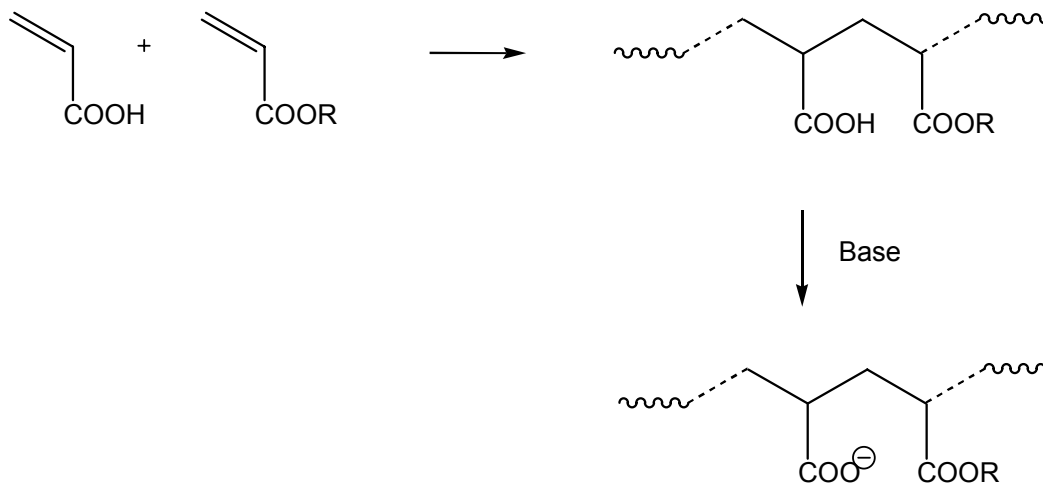
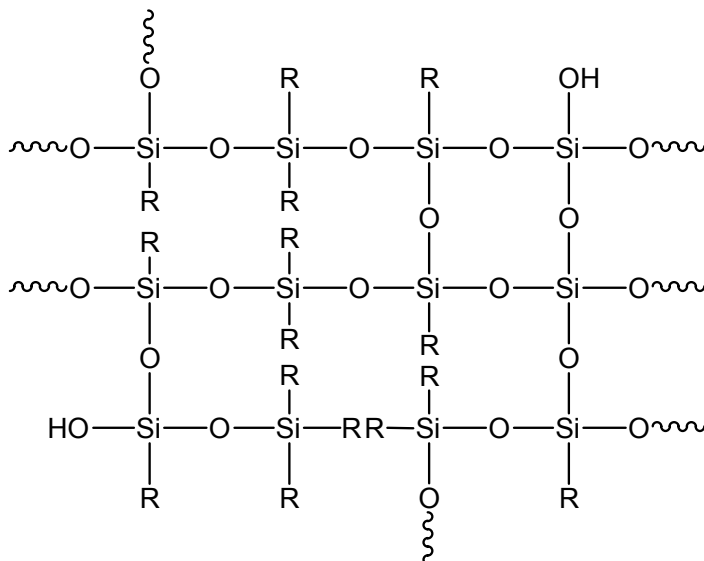


Abbildung 3-12: Polyacrylat

Im Grenzbereich der organischen zur anorganischen Chemie sind die so genannten Siliconharze zu finden. Deren Aufbau ähnelt im Grunde dem rein anorganischen Siliziumdioxid. Die Siliziumatome sind jedoch nicht wie bei diesem Mineral nur mit Sauerstoff verknüpft. Stattdessen befinden sich mehr oder weniger hohe Anteile an organischen Resten am Silizium (Abbildung 3-13). Die Eigenschaften der Siliconharze sind deshalb eine Mischung aus typisch anorganischen wie organischen Teilen. Sie sind sehr wärmebeständig wie anorganische Werkstoffe sowie gleichzeitig wasserabweisend und in aromatischen Kohlenwasserstoffen löslich.



Siliconharz

Abbildung 3-13: Ausschnitt aus der Struktur eines typischen Silikonharzes

4 Lacke auf Lösemittelbasis (Wilke)

4.1 Lacksysteme

Das Gebiet der Lacke kann nach verschiedenen Gesichtspunkten unterteilt werden. Eine Möglichkeit zu einer ersten Grobeinteilung zu kommen, ist die Einteilung in lösemittelhaltige Lacke auf der einen und verschiedene emissionsarme Lacksysteme auf der anderen Seite. Zu letzteren gehören die wässrigen Lacke, Pulverlacke und strahlenhärtbaren Lacke. In der handwerklichen und industriellen Praxis am längsten gebräuchlich sind lösemittelhaltige Lacke. Trotz der vielfältigen Bestrebungen, Lösemittlemissionen aus den Lackieranlagen zu reduzieren werden sie noch in beträchtlicher Menge

verarbeitet, wobei der Substitutionsgrad durch umweltfreundliche Produkte je nach Branche ganz unterschiedlich hoch ist. Autos und Fassaden werden heutzutage hauptsächlich mit emissionsarmen Lacken und Farben, allgemeine Industriegüter hingegen noch gut zur Hälfte mit Lösemittellacken beschichtet.

4.2 Lacke auf Lösemittelbasis

Lösemittellacke können weiter unterteilt werden in Systeme, die bei Raumtemperatur auf dem Objekt, auf das sie aufgetragen werden, einen geschlossenen Film ergeben, und solche Systeme, die dies erst bei erhöhter Temperatur tun (Einbrennlacke).

Physikalisch trocknende Lösemittellacke bestanden um die Wende vom 19. zum 20. Jahrhundert aus Naturharzen, die man aus der Rinde und den Wurzeln von Nadelbäumen gewann. Bekannte Beispiele hierfür sind Kolophonium und Kopal. Verarbeitet wurden diese pflanzlichen Naturharze als Lösungen in Terpentinöl (Terpentin), dem in den Baumrinden vorkommenden natürlichen Lösemittel der Naturharze. Kolophonium ist noch heute ein wichtiger Rohstoff für Druckfarben. Aus Naturkautschuk wurden Chlorkautschuk und Cyclokautschuk hergestellt und in Anlösungen als Korrosionsschutzlacke bereitgestellt.

Das schon seit dem 19. Jahrhundert bekannte Cellulosenitrat entwickelte sich zu einem der wichtigsten Bindemittel für Industriegüter und ermöglichte durch seine schnelle Trocknung die serielle Lackierung von Automobilen am Band.

Durch Rohstoffverknappung sorgte der erste Weltkrieg dafür, dass man mit Hochdruck nach alternativen, synthetisch verfügbaren Bindemitteln suchte. Bei diesen zahlreichen Synthesversuchen entstanden die Alkydharze, aus welchen die ersten lufttrocknenden Kunstharzlacke entwickelt wurden. Lacke aus lufttrocknenden fetten Ölen gab es schon im Mittelalter, die so genannten Öllacke der Malerei. Chemisch den fetten Ölen nahe verwandt, verfügen Alkydharzlacke auf Basis ungesättigter Fettsäuren ebenfalls über das Vermögen, an Luft oxidativ zu härten. Noch heute sind sie das Rückgrat der Rezeptur von klassischen Malerlacken für Fenster, Türen aus Holz und Metallgegenstände, die mit dem Pinsel bei Raumtemperatur lackiert werden. Es gelang dann, Alkydharze derart chemisch maßzuschneidern, dass man sie nicht nur für bei Raumtemperatur filmbildende Lacke sondern auch für Einbrennlacke nutzen konnte.

Viele chemisch härtbaren Lacke benötigen für die Härtung bei Raumtemperatur nicht Luft sondern eine separate Komponente, den Härter. Solche 2K-Lacke werden in lösemittelhaltiger Form in großen Mengen für die industrielle Lackierung eingesetzt. Neben den lufttrocknenden Alkydharzen bieten sie die Möglichkeit, die für einen Einbrennofen zu großen Objekte mit einem chemisch härtenden Lack zu beschichten. Je nach Praxisfall kann die Applikation auf ganz unterschiedliche Weisen erfolgen. Eine Lackierung von Industriegütern am Band (Serienlackierung) geschieht üblicherweise durch Spritzapplikation, wohingegen große Einzelobjekte wie Brückenkonstruktionen und Strommasten auch mit dem Pinsel lackiert werden. Die Reaktion beider Komponenten startet bereits bei Raumtemperatur. Aufgrund des Aufbaus der Molmasse des polymeren Netzwerkes gibt sich die Härtungsreaktion als Erhöhung der Zähigkeit (Viskosität) zu erkennen. Es ist jedoch wichtig, den aus beiden Komponenten gemischten Lack noch so lange zu verarbeiten, wie die Fließfähigkeit dies erlaubt. Unter den lösemittelhaltigen 2K-Lacken sind am wichtigsten: 2K-Polyurethanlacke und 2K-Epoxidharz-Lacke.

Bei Raumtemperatur härtende 2K-Epoxidharz-Lacke bestehen aus einem Epoxidharz und einem Amin, d.h. einem Stoff mit mehreren Aminogruppen. Bei der Härtung entsteht durch Addition der Aminogruppen an die Epoxygruppen ein polymeres Netzwerk.

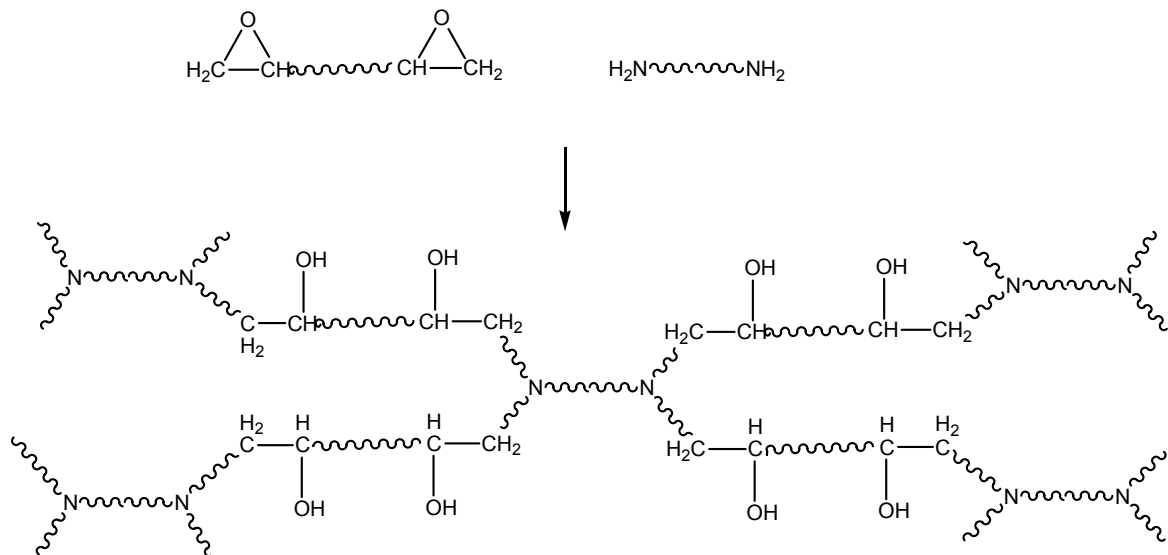


Abbildung 4-1: Härtung eines Epoxydharzes mit einem Amin-Härter

Epoxydharz-Lacke haben einen bedeutenden Vorzug: Sie haften gut auf Metall. Sie werden daher für den so genannten schweren Korrosionsschutz eingesetzt. Darunter versteht man die Beschichtung von Großobjekten aus Metall zum Zwecke des Funktionserhalts durch Schutz vor Korrosion. Da Beschichtungen aus 2K-Epoxydharzlacken unter dem Einfluss von Licht kreiden, kommen sie vornehmlich als Grundierung zum Einsatz. Sie werden dann mit einem witterungsbeständigen, ebenfalls schon bei Raumtemperatur härtenden Decklack beschichtet. Geeignet hierfür sind 2K-Polyurethanlacke (2K-PUR). Diese bestehen aus einem Polyol genanntes Bindemittel mit mehreren Hydroxylgruppen und einem Polyisocyanat genannten Härter mit mehreren Isocyanatgruppen. Abbildung 4-2 gibt die Härtungsreaktion zu einem Polyurethan-Netzwerk schematisch wieder.

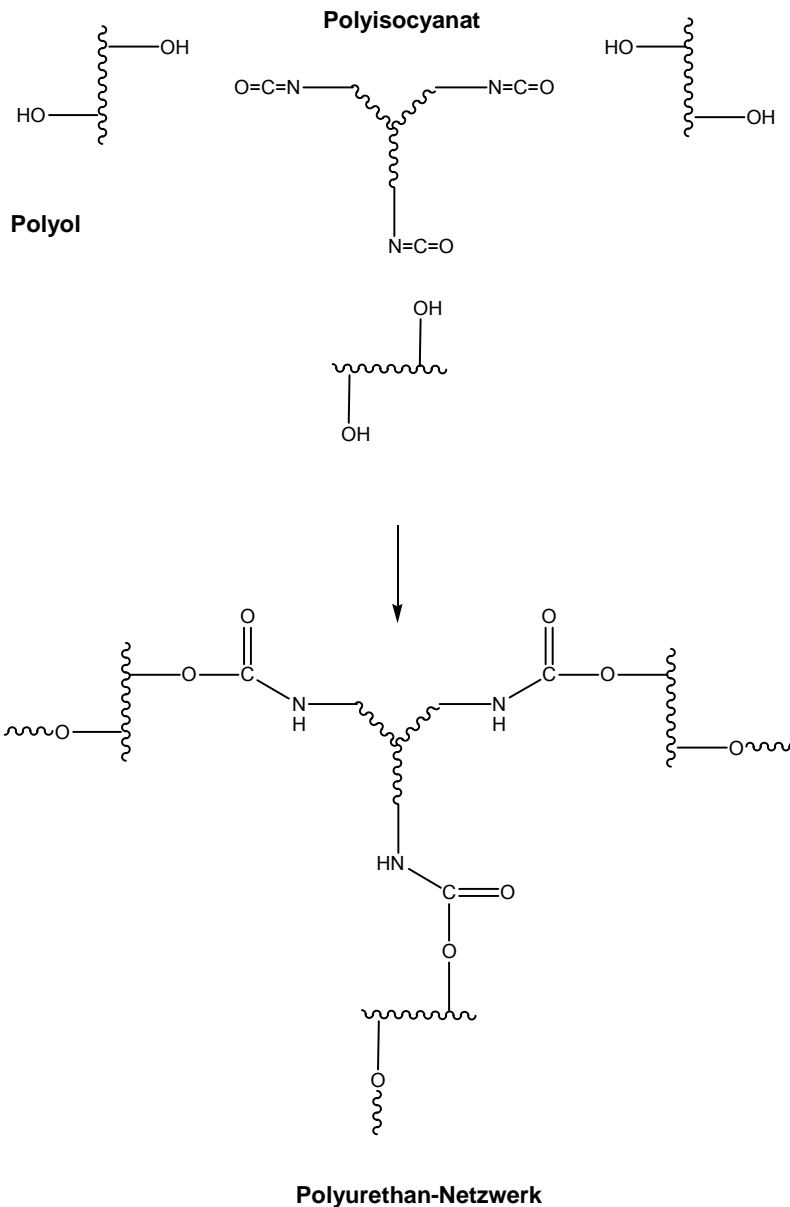


Abbildung 4-2: Härtung eines 2K-Polyurethanlackes

Als Polyol werden meist Polyester, Alkydharze und Polyacrylate eingesetzt. 2K-Polyurethanlacke zeichnen sich durch mechanische Widerstandsfähigkeit und Flexibilität aus. Wenn es die Geometrie des Objektes erlaubt, werden 2K-PUR-Beschichtungen auch forciert getrocknet, da dies die Effektivität und Schnelligkeit der Härtung erhöht. Temperaturempfindliche Substrate wie Kunststoff werden überwiegend mit bei 80°C härtenden 2K-PUR-Lacken beschichtet. Auch in der Automobilreparaturlackierung werden 2K-PUR-Decklacke forciert, d.h. mittels einer Infrarotlampe gehärtet.

Einbrennlacke werden hauptsächlich für die serielle Beschichtung von temperaturunempfindlichen Objekten eingesetzt.

Sie bestehen sowohl aus einem oder mehreren Bindemitteln, die miteinander chemisch reagieren (härten). Da die Härtung Einbrennen erfordert, sind derartige Lacke bei Raumtemperatur lagerfähig. Einbrennlacke sind deshalb einkomponentig; bei der Verarbeitung benötigt man keinen separaten Härter, der wie bei 2K-Lacken erst kurz vor dem Auftragen des Lackes zugesetzt wird. Beim Härten der meisten Einbrennlacke entstehen durch den Härtungsprozess zusätzliche Emissionen, die bei der Ökobilanz den Lösemittelemissionen hinzugerechnet werden müssen. Beispiel sind hier die für Einbrenndecklacke in großem Stil eingesetzten Phenol- bzw. Melaminharze. Ihnen ist gemeinsam, dass sie mit Hydroxylgruppen-haltigen anderen Bindemitteln und unter Abspaltung von Alkohol zu vernetzten Polymeren reagieren. Die Vernetzung vollzieht sich bei Temperaturen über 100°C, wobei sich zu einem beträchtlichen Ausmaß auch Selbstkondensationsprodukte bilden.

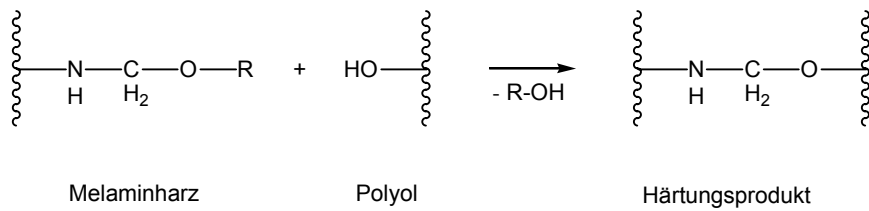


Abbildung 4-3: Härtung von Polyolen mit Melaminharzen

Wichtige Anwendungsbeispiele für Phenolharz-haltige Einbrennlacke sind Doseninnenbeschichtungen. Melaminharz-haltige Einbrennlacke werden für farbige Decklacke und Klarlacke in der Industriegüter- und Automobillackierung eingesetzt.

5 Lacke auf Wasserbasis (Wilke)

Wässrige Lacke enthalten wie Lösemittellacke Bindemittel und ggf. Pigmente. Beide Rohstoffe liegen in Wasser fein verteilt d.h. dispergiert vor, woraus der Begriff Dispersion sich ableitet. Je feinteiliger die Bindemittel- und Pigmentteilchen im Wasser verteilt vorliegen, desto durchsichtiger erscheint die Dispersion. Während Pigmente sich nicht vollständig in Wasser lösen (dies ist den Farbstoffen vorbehalten), gibt es durchaus einige wasserlösliche Bindemittel. Daher finden sich unter den wässrigen Klarlacken sowohl Lösungen, opaleszierende bis undurchsichtige Dispersionen, bei den wässrigen pigmenthaltigen Lacken nur Dispersionen (Abbildung 5-1 und Abbildung 5-2).

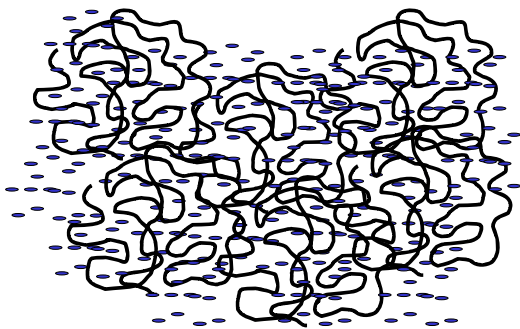


Abbildung 5-1: Wässrige Lacke – Gelöstes Bindemittel

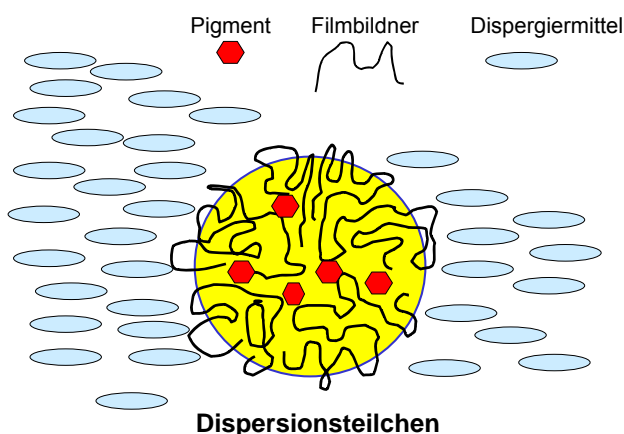


Abbildung 5-2: Wässrige Lacke – Dispersionspartikel

Damit die Dispersion nicht durch ein Zusammenklumpen der Dispersionspartikel zerstört wird, ist es wichtig diese durch bestimmte Stabilisierungsmaßnahmen auf Abstand zu halten. Häufig enthalten Dispersionen daher bestimmte Hilfsmittel, die diese Funktion übernehmen. Ein besonders eleganter Weg der Stabilisierung ist die Umwandlung der Bindemittelmoleküle in polymere Ionen, so genannte Polyelektrolyte. Dies wird dadurch ermöglicht, dass in die Polymerkette funktionelle Gruppen eingebaut werden, die über eine Säure-Base Reaktion entweder positiv oder negativ geladen werden.

So lassen sich beispielsweise Polyacrylate (siehe Bindemittel) durch Zusatz einer Base an ihren Carboxylgruppen deprotonieren, dadurch negativ aufladen und in Polyanionen umwandeln. Analog lassen sich aus Aminogruppen-haltigen Bindemittel durch Protonierung Polykationen herstellen. In Gegenwart von Wasser orientieren sich dann die geladenen funktionellen Gruppen zur Außensphäre der Dispersionsteilchen, während dessen innere Sphäre überwiegend wasserabweisende Abschnitte der Bindemittelmolekülkette enthält.

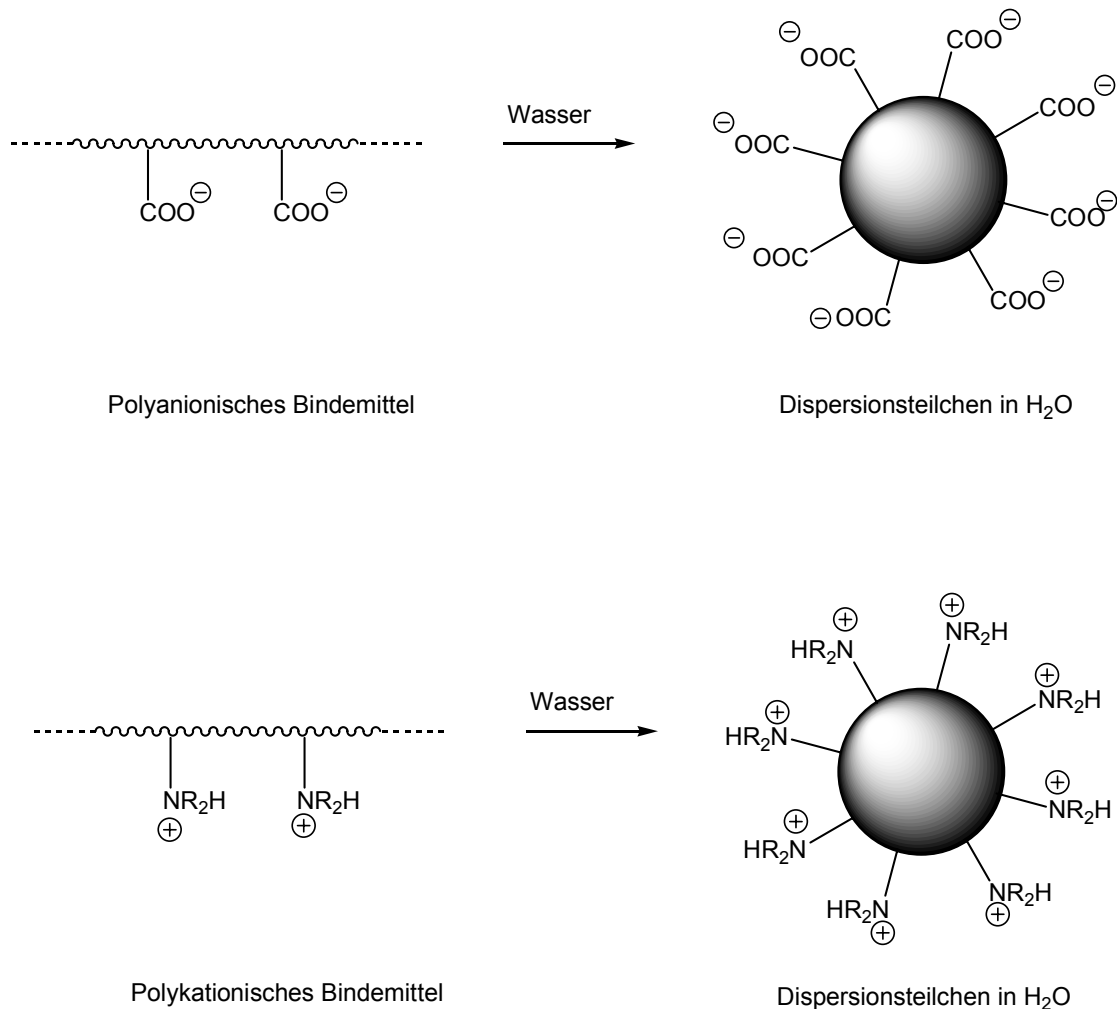


Abbildung 5-3: Polyelektrolyte

Besondere Aufmerksamkeit gebührt dem Verarbeitungs- und Trocknungsverhalten wässriger Lacke. Wasser nimmt unter den Lösemitteln wegen seiner hohen Polarität, langsamen Verdunstung und Nichtbrennbarkeit eine Sonderstellung ein. Nicht zu vergessen ist auch der günstige Preis von Wasser als Löse- bzw. Dispergiermittel.

Tabelle 1: Physikalische Eigenschaften von Wasser im Vergleich zu Butanol und Xylol

	Wasser	Butanol	Xylol
Siedepunkt in °C	100	117,7	140
Gefrierpunkt in °C	0	-89	-25
Dichte in g/cm ³	1	0,81	0,87
Flammpunkt in °C		34	23
Verdunstungszahl	ca. 80	33	13,3
Oberflächenspannung in mN/m (20°C)	72,5	25,5	29,5
Dipolmoment [10-30 C.m]	6,17	5,54	2,07
Dielektrizitätskonstante	78	18,2	2,4

Latente Verdampf. Wärme bei 100°C in J/g	2260	590	390
--	------	-----	-----

Wie die Lösemittellacke lassen sich wässrige Lacke hinsichtlich ihres Trocknungs- und Härungsverhaltens unterscheiden.

Unter den bei Raumtemperatur trocknenden wässrigen Lacken und Anstrichfarben sind die Dispersionsfarben und –lacke am wichtigsten. Überhaupt handelt es sich hier um die mengenmäßig bedeutendste Gruppe von Anstrichmitteln. Dispersionsfarben für den Innen- wie für den Außenbereich erfüllen nicht nur einen dekorativen Zweck. Sie dienen vor allem auch dem Schutz der Gebäudesubstanz vor Feuchtigkeit und Witterung. Die in Dispersionsfarben eingesetzten Bindemittel sind Polymerisate mit hoher Molmasse, so dass sich nach physikalischer Trocknung ausreichend beständige Beschichtungen bilden können. Damit eine Applikation von Fassadenfarben auch in kühlen Jahreszeiten möglich ist, muss die Dispersion nach Applikation mit Rolle oder Pinsel schon bei diesen tiefen Temperaturen einen Film bilden können. Die Filmbildung vollzieht sich im Zuge des Abdunstens des Wassers durch Annäherung und Verschmelzung der Dispersionsteilchen (Abb. 4 - Koaleszenz).

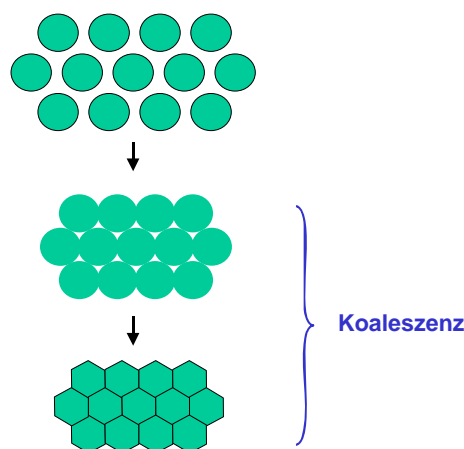


Abbildung 5-4: Koaleszenz von Dispersionsteilchen

Neben Polymerisaten (siehe Bindemittel) kommen als Bindemittel in besonders hochwertigen Fassadenfarben auch Siliconharze und Gemische aus Polymerisaten und Siliconharzen zum Einsatz. Diese verleihen den Fassadenfarben eine besonders hohe Witterungsbeständigkeit und schützen die Bausubstanz effektiv vor dem Angriff von Feuchtigkeit, ohne die Atmungsaktivität der Beschichtung negativ zu beeinträchtigen.

Neben physikalisch trocknenden wässrigen Lacken und Farben kennt man noch Systeme, die bei Raumtemperatur chemisch härten und solche, die zur Härtung höhere Temperaturen benötigen. Letztere sind wässrige Einbrennlacke, die für den Bereich der seriellen Lackierung von Industriegütern eine bedeutende Rolle spielen.

Zunächst seien hier die schon bei den Lösemittellacken behandelten Melaminharz- und Phenolharzhaltigen Beschichtungssysteme zu nennen. Bestimmte Typen an Phenol- und Melaminharzen sind gut wasserlöslich und liefern damit die Basis zur Formulierung entsprechend wässriger Lacke. Sie werden in den gleichen Gebieten eingesetzt wie ihre lösemittelhaltigen Gegentypen, d.h. Doseninnenbeschichtungen (Phenolharzlacke) und farbige Decklacke und Klarlacke in der Industriegüter- und Automobillackierung (Melaminharzlacke).

Von großer technischer und wirtschaftlicher Bedeutung ist die Grundierung von Automobilkarosserien mit kathodischen Tauchlacken. Hierbei handelt es sich um Dispersionen, deren Bindemittelanteil teilweise polykationischer Natur ist. Die kationische Ladung macht diese Polymere nicht nur wasserlöslich sondern sorgt auch dafür, dass sie in ihrer Dispersion nach Anlegen einer Spannung zur Karosserie wandern und dort abgeschieden werden. Näheres dazu bei den Autolacken.

6 Pulverlacke (Thometzek)

Im Gegensatz zu den flüssigen Beschichtungsstoffen, den Nasslacken, werden Pulverlacke als Feststoffe verarbeitet, um im Einbrennofen zur Filmbildung aufgeschmolzen zu werden. Ihr größter Vorteil ist das vollständige Fehlen von Lösemitteln. Bei der Applikation und dem Einbrennen treten

somit keine Emissionen auf. Der Overspray, d.h. die Pulverlackteilchen die an dem zu lackierenden Objekt bei der Applikation vorbeifliegen, werden in der Sprühkabine aufgefangen, mit Frischpulver vermischt und wieder vollständig in den Lackierprozeß zurückgeführt. So kommt man zu Materialausbeuten von über 95 %, meist sogar über 98 Prozent. Dies ist sowohl ein ökonomischer als auch ökologischer großer Vorteil. Somit sind Pulverlacke oft die attraktivste Alternative zu vielen konventionellen, lösemittelhaltigen Naßlacken.

Der bisher größte Nachteil von Pulverlacken ist, dass sie immer eingebrannt werden müssen; lufttrocknende Pulverlacke gibt es nicht. Die üblichen Einbrenntemperaturen liegen bei 160 – 200 °C bei einer Einbrenndauer von 8 bis 20 Minuten. Bei modernen Pulverlacksystemen, die derzeit in der Entwicklung sind, kann diese Temperatur bis in den Bereich von 100 °C gesenkt werden. Bisher werden Pulverlacke fast ausschließlich auf metallische Untergründe aufgebracht. Die Absenkung der Einbrenntemperatur eröffnet aber neue Möglichkeiten wie z.B. der Lackierung von Holzwerkstoffen bzw. sogar Kunststoffen.

Auch haben Pulverlacke vor wenigen Jahren in den technologisch sehr anspruchsvollen Autolackbereich gefunden. Die folgende Abbildung zeigt die Pulverlackierung der obersten Schicht, der Decklackschicht, bei BMW.



Abbildung 6-1

Das bei der Applikation noch weiße Pulver ergibt nach dem Einbrennen eine hochqualitative Klarlackschicht mit ausgezeichnetem Verlauf und hervorragender Wetterstabilität.

Pulverlacke werden grundsätzlich anders hergestellt als Naßlacke. Ihr Herstellverfahren kommt aus der Kunststoffindustrie. Die allesamt festen Lackrohstoffe wie Bindemittel, Härter, Pigmente, Füllstoffe und Additive werden gemischt und in einem Extruder bei 100-120 °C in hochviskosem Zustand zu einer homogenen Masse verknetet (siehe Abbildung).



Abbildung 6-2

Anschließend wird abgekühlt und in sog. Stift- bzw. Sichter-mühlen aufgemahlen. Die mittlere Korngröße von Pulverlacken liegt bei 40-50 Mikrometer, dies entspricht ziemlich genau der Dicke eines menschlichen Haares. Die elektrostatische Applikation und der Einbrand der Pulverlacke auf das Objekt wird in einem anderen Kapitel beschrieben (Kap. 12).

Zur Zeit werden weltweit schon über 1 Mio Tonnen Pulverlacke hergestellt und verarbeitet, wobei Pulverlacke mit ca. 7-8 % weiterhin ein starkes Marktwachstum aufweisen werden. Die wichtigsten Herstell- und Verarbeiterländer sind Italien, Deutschland, USA und mittlerweile auch China. In Deutschland werden vor allem sehr hochqualitative Pulverlacke hergestellt.

Dem Design sind mittlerweile wie bei Nasslacken kaum noch Grenzen gesetzt. Neben allen Farben gibt es Strukturpulverlacke, Metallic-Pulverlacke, Pulverlacke mit Holz-Design usw.

Wichtige Anwendungsgebiete für Pulverlacke sind Haushaltsgeräte wie sog. Weiße Ware, worunter man z.B. Kühlschränke, Waschmaschinen, Spülmaschinen, Gefrierschränke usw. versteht. Aber auch Computergehäuse, Satellitenantennen, Lampengehäuse, sowie sehr viele Metallmöbel wie Regale sind oft pulverlackiert. Weitere wichtige Anwendungsbereiche sind Fassadenelemente, vor allem aus Aluminium im Baugewerbe, Garagentore, und viele Autoanbauteile und Maschinengehäuse. Und sogar Pipelines werden pulverlackiert (siehe Abbildung 6-3).



Abbildung 6-3

7 Strahlenthärtende Lacke (Meichsner)

Eine der Möglichkeiten um Lösemittel zu vermeiden ist der Einsatz der Strahlenthärtung. Dabei werden polymerisierbare Rohstoffe eingesetzt, die niedermolekular sind und deshalb eine niedrige Viskosität haben. Die Lacke werden appliziert und durch UV-Strahlung gehärtet. Im Gegensatz zu thermisch gehärteten Lacken läuft die Härtingsreaktion innerhalb von Sekunden ab. Der energetische Aufwand für die Strahler ist im Vergleich zur thermischen Härtung äußerst gering. Da die Härtingsreaktion so schnell ist, kann das Produkt sofort weiterverarbeitet werden.

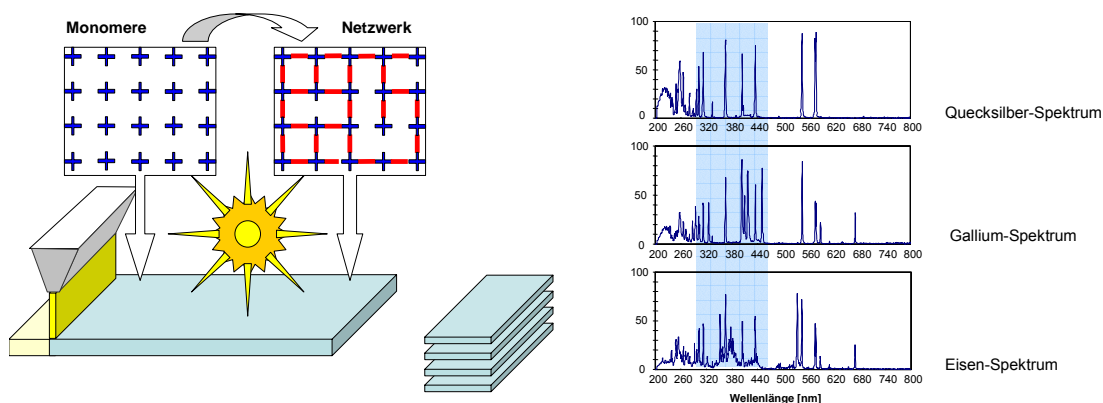
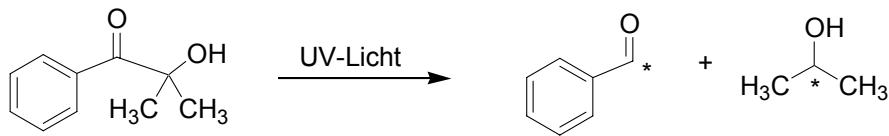


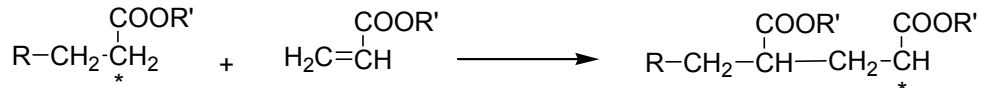
Abbildung 7-1: Prinzip der Strahlenthärtung (links) und Spektren der verwendeten UV-Strahler (rechts)

Die Härtingsreaktion ist meist eine radikalische Polymerisation von Acrylesterderivaten. Diese Reaktion wird durch einen Fotoinitiator gestartet, der durch das UV-Licht angeregt wird und Radikale bildet.

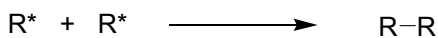


2-Hydroxy-2-methylpropiophenon

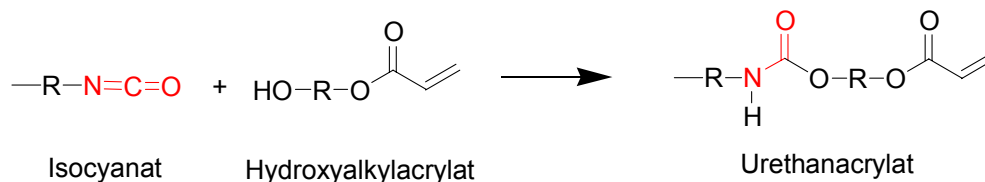
Solche Radikale addieren sich an die Monomeren und es setzt eine Radikalketten-Polymerisation ein, bei der dann ein zusammenhängender, vernetzter Polymerfilm gebildet wird.



Wenn alle Monomeren verbraucht sind, reagieren die Radikale ab, beispielsweise durch eine Radikalrekombination, und die Reaktion kommt zum Stillstand.



Rohstoffe die als Bindemittel eingesetzt werden, sind polyfunktionelle Acrylesterderivate von Polyestern, Epoxidharzen, Polyethern und Polyurethanen. Als Beispiel ist hier die Funktionalisierung eines Polyisocyanats zu einem Urethanacrylat angegeben



Die zur Verdünnung eingesetzten monomeren Acrylester werden bei der Polymerisation in das Netzwerk eingebaut. Die Verwendung von Lösemitteln ist deshalb nicht notwendig.

Typische Einsatzgebiete der UV-Härtung sind Überdrucklacke, Druckfarben, Möbellackierung, Lackierung von Fertigparkett, Klebstoffe, Haftklebstoffe (bei Haftnotizen), Elektronik und die Glasfaserbeschichtung. In jüngerer Zeit untersucht man auch die Anwendung auf der Automobilkarosserie.



Abbildung 7-2: Typische Beispiele für strahlgehärtete Überzüge [Quelle: BASF]

8 Pigmente Thometzek/Wilke

Die meisten Beschichtungsstoffe sind nicht transparent sondern eingefärbt und deckend. Durch Zusätze von Farb- und Effektstoffen sowie Füllstoffen werden ihnen Farbigkeit, Deckvermögen, spezielle optische Effekte, aber auch funktionelle Eigenschaften wie Schleifbarkeit und Härte zu Eigen. Die Fähigkeit, Deckvermögen und Farbigkeit gleichzeitig zu erreichen, besitzen die Pigmente. Bei solchen Stoffen handelt es sich um feinteilige, in der Matrix der Filmbildner unlösliche Farbmittel. Teilchengröße und Teilchengrößenverteilung beeinflussen die optischen Eigenschaften in erheblichem Maße und werden daher genau charakterisiert.

Häufig übernehmen Pigmente zusätzlich noch den Schutz der Beschichtung vor dem Bindemittelabbau bei UV-Licht und Wiedereinflüssen sowie sogar zusätzlichen Korrosionsschutz. Um solche vielfältigen Aufgaben bewältigen zu können, müssen Pigmente gleichmäßig im Lack verteilt werden, gut vom Bindemittel benetzbar sein und ein verarbeitungsgerechtes rheologisches Verhalten ermöglichen.

Die Pigmente lassen sich in die weißen, im gesamten sichtbaren Wellenlängenbereich streuenden, die schwarzen, im gesamten Bereich absorbierenden und die Farbpigmente unterteilen. Diese absorbieren einen Teil des sichtbaren Lichtes und reflektieren den anderen, sichtbaren Anteil. So absorbiert z.B. ein rotes Eisenoxidpigment den blaugrünen Spektralbereich.

Die wichtigsten Pigmente überhaupt sind die weißen Titandioxid-Pigmente. Sie sind in nahezu allen weißen sowie hellen Farben und Lacken enthalten. Titandioxid hat einen hohen Brechungsindex, der zu einem hohen Streu- und Deckvermögen führt, eine außerordentliche chemische Beständigkeit und ist physiologisch völlig unbedenklich. Es wird aus natürlichem Eisentitanat, dem sog. Ilmenit gewonnen, der in vielen Ländern vorkommt und abgebaut werden kann. Bei der Herstellung spielt die Glühung des Pigments in großen Drehrohröfen bei ca. 1000 °C eine zentrale Rolle (siehe Abb. 1).

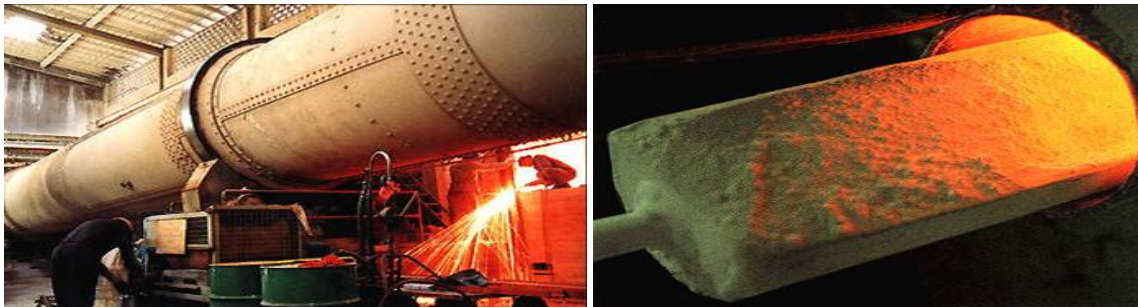


Abbildung 8-1: Herstellung von Titandioxid

Als Schwarzpigmente finden vorwiegend Ruße Verwendung. Je nach Herstellverfahren und Nachbehandlung erhält man unterschiedlich feinteilige Pigmentteilchen. Es gelingt heute, durch unvollständige Verbrennung von Erdgas in Mischung mit Erdöl äußerst feinteilige Partikel herzustellen, die im Nanometerbereich angesiedelt sind. Sie sind äußerst farbstark und erzielen auch schon in geringsten Konzentrationen ein hohes Deckvermögen.

Die wichtigsten anorganischen Buntpigmente sind die Eisenoxide, die in den Farben rot, gelb und schwarz hergestellt werden, und zwar entweder durch Oxidation von Schrotteisen mit Nitrobenzol oder durch oxidierende Hydrolyse von Eisen(II)sulfat. Eisenoxid-Pigmente besitzen ein hervorragendes Deckvermögen, sind licht- und wetterbeständig und von ausgezeichneter Chemikalienbeständigkeit. Außerdem gehören sie zu den preiswertesten Pigmenten überhaupt. Ihr Nachteil liegt darin, dass sie nur wenig brillante Farbtöne ergeben (Abbildung 8-2). So finden sie vorwiegend in Grundierungen Verwendung.

Eisenoxidpigmente



Abbildung 8-2: Eisenoxidpigmente

Das Chromoxidgrün (Cr_2O_3) ist ein sehr stabiles Grünpigment, das vorwiegend in chemikalienfesten Beschichtungen für Beton und Zement und Dispersionsfarben eingesetzt wird.

Metalloxide für den Gelbbereich sind die Mischphasenpigmente. Es handelt sich um antimonhaltiges Titandioxid, das während der Herstellung mit geringen Mengen Nickel zu grünstichigen und mit Chrom zu rotstichigen Pigmenten dotiert ist. Gute Chemikalien- und Wärmebeständigkeit bei gleichzeitiger physiologischer Unbedenklichkeit zeichnen diese Pigmentklasse aus.

Neben den anorganischen Buntpigmenten gibt es noch organische Buntpigmente. Sie machen bezüglich ihrer Verbrauchsmenge nur etwa 1/3 der Menge der anorganischen Buntpigmente aus. Sie bestechen durch ihre Vielfalt und Brillanz der Farben, häufig sind sie aber empfindlicher gegenüber Wärme und Lösemittel. Das Haupteinsatzgebiet sind die Druckfarben und die bei weitem wichtigste Pigmentgruppe dieser Art die Azopigmente. Sie sind den Azofarbstoffen nahe verwandt, aus denen sie durch zunächst durch chemische Modifikation fortentwickelt wurden. Die dominierenden Farben der Azopigmente sind gelb, orange und rot. Die nächst wichtigste Klasse organischer Buntpigmente sind die Kupfer-Phthalocyanine. Es handelt sich hier um blaue und grüne Metallkomplexpigmente, bei denen Kupfer sich im Zentrum eines heteroaromatischen Ringes befindet, der Ähnlichkeit mit dem roten Blutfarbstoff (Häm) hat. Dies ist ein Beispiel dafür, wie sich die Technik immer wieder der in der Natur vorkommenden Wirkprinzipien bedient. Kupfer-Phthalocyaninpigmente können wie viele andere Buntpigmente in verschiedenen Kristallstrukturen hergestellt werden, woraus u.a. unterschiedliche Farbnuancen resultieren (Abbildung 8-3).

Kristallstrukturen von Cu-Phthalocyanin-Pigmenten

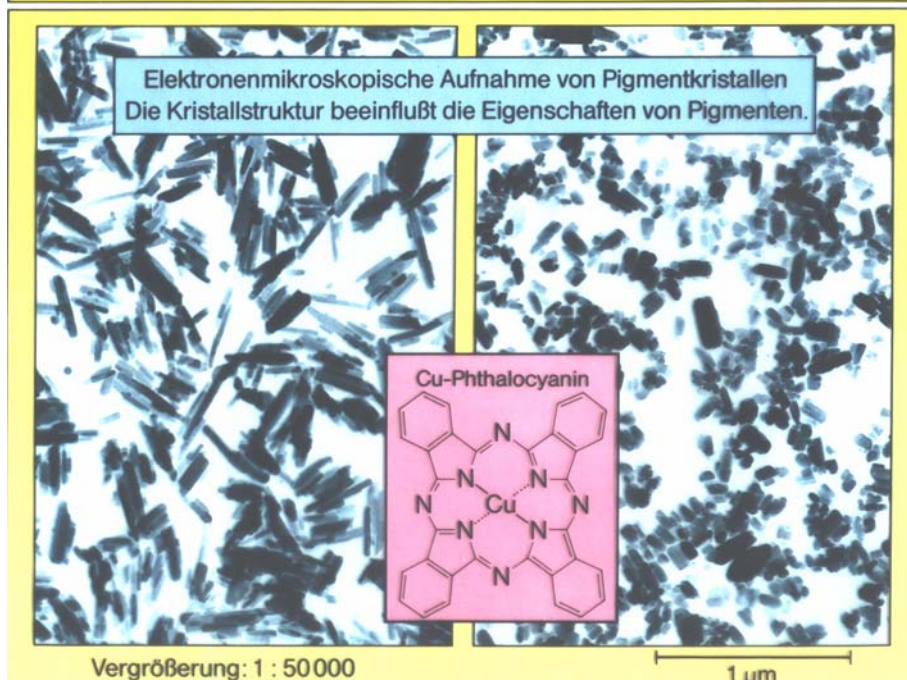


Abbildung 8-3: Cu-Phthalocyanin

Eine mengenmäßig kleinere, aber bezüglich der Typen- und Farbvielfalt sowie Beständigkeiten bedeutende Gruppe von organischen Buntpigmenten sind die polycyclischen Pigmente. Sie decken den Farbraum gelb bis rot, lila bis violett ab, wobei viele verschiedene Rottöne, wie scharlach, bordeaux und maron, möglich sind. Ihr Einsatzgebiet ist das der hochwertigen Industrielacke und Autolacke. Aufgrund ihres Wertes werden sie häufig nur in Kombination mit anderen Buntpigmenten eingesetzt.

Effektpigmente sind die Metallpigmente sowie die Perlglanzpigmente. Metallpigmente, auch früher als „Bronzen“ bezeichnet, sind plättchenförmige, meistens aus Aluminium bestehende Metallteilchen, bis zu 20 Mikrometer groß, aber nur bis 1 Mikrometer dick. Sie haben die Aufgabe, sich im Lack planparallel anzuordnen, um eine vom Betrachtungswinkel abhängige Helligkeit des reflektierten Lichtes zu erzielen, verhalten sich also wie sehr viele kleine Spiegel. Die Lackierungen erhalten dadurch ein metallisches Aussehen von besonderer optischer Attraktivität. PKW-Lackierungen mit Metallic-Effekt machen heutzutage bereits weit über die Hälfte aller Automobil-Basislackierungen aus (Abbildung 8-4)

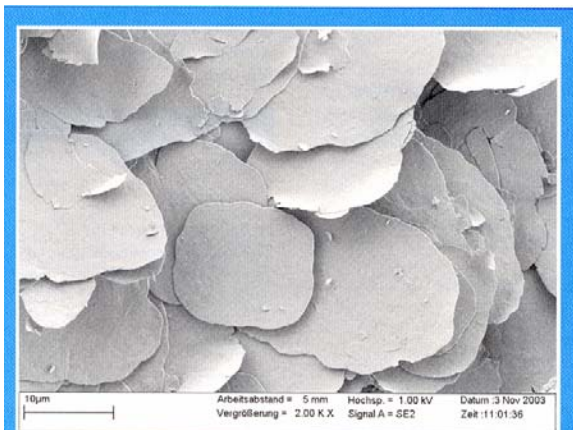


Abb. 1: Die REM-Aufnahme zeigt die große Homogenität der Oberfläche des neuen „Silvershine“-Pigmentes auf Aluminiumbasis

Abbildung 8-4: Aluminium-Effektpigment

Die Interferenz- bzw. Perlglanzpigmente bewirken vom Betrachtungswinkel abhängige Farbtonverschiebungen. Die Ursache hierfür liegt in der Doppelreflexion an der Oberfläche und der Unterseite der dünnen Pigmentplättchen. Sie bestehen aus einem Trägermaterial mit niedrigem Brechungsindex, meist Glimmer, einem natürlichen Schichtsilikat und einer dünnen Beschichtung mit hohem Brechungsindex, meist Titandioxid bzw. Eisenoxid. Liegt die Schichtdicke im Bereich der halben Wellenlänge des sichtbaren Lichts, werden die um eine halbe Wellenlänge zueinander verschobenen Lichtstrahlen ausgelöscht, die um eine ganze Wellenlänge verschobenen hingegen verstärkt. So entstehen Interferenzfarben, die für alle Perlglanzpigmente charakteristisch sind (Abb. 5).

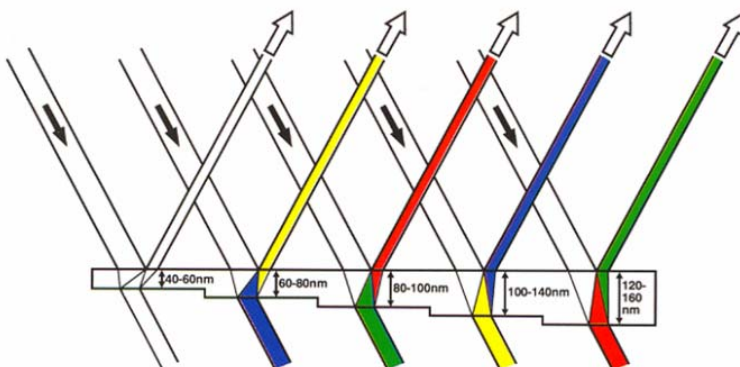


Abbildung 8-5: Schichtdickeneinfluss auf die Farbe von Interferenzpigmenten

9 Additive (Müller)

Additive sind Substanzen, die Lacken in kleinen Mengen zugesetzt werden, um eine oder mehrere Eigenschaft(en) des flüssigen Lacks oder der daraus hergestellten Beschichtung zu verbessern oder zu modifizieren. Wie Medikamente können Additive auch unerwünschte Nebenwirkungen haben und sollten deshalb nicht überdosiert werden.

9.1 Netzmittel (Tenside, Emulgatoren)

Netzmittel haben eine amphiphile Struktur („Kopf-Schwanz-Struktur“, Abb. 1). Deshalb orientieren sich Netzmittel an Phasengrenzflächen, verringern damit die Grenzflächenspannung und erleichtern die Benetzung z.B. von Pigmenten durch Bindemittellösungen. Dadurch erleichtern sie die Pigmentdispersion, wodurch Glanz und Farbstärke verbessert werden.

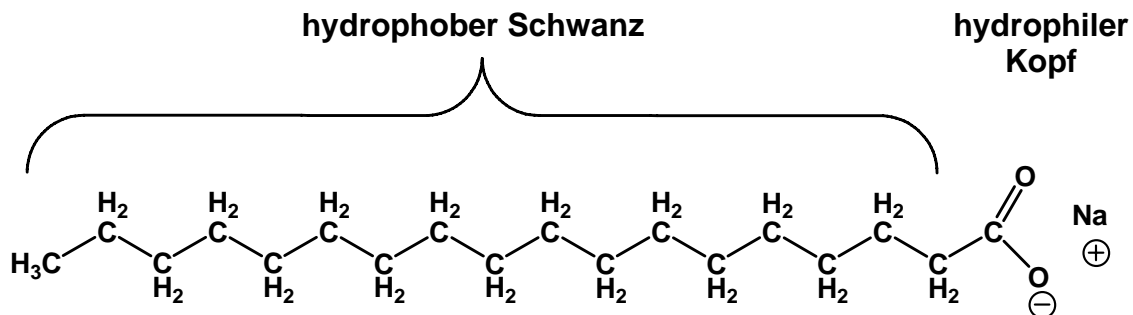


Abbildung 9-1: Natriumstearat als typisches Netzmittel

9.2 Dispergiermittel

Pigmentdispersionen sind thermodynamisch instabil und müssen gegen Reagglomeration (Flockulation) z.B. durch Dispergiermittel stabilisiert werden. Dabei unterscheidet man zwei Wirkmechanismen. Polyanionische Dispergiermittel (z.B. Polyphosphate) wirken in wässrigen Systemen durch elektrostatische Stabilisierung. Oligomere Dispergiermittel wirken in lösemittelhaltigen und wässrigen Lacken durch sterische Stabilisierung.

9.3 Rheologisch wirksame Additive

Diese beeinflussen die Viskosität und/oder das Fließverhalten (Rheologie) von Lacken. Rheologisch wirksame Additive bewirken, dass bei der Spritzapplikation von Lacken die Ablaufneigung an senkrechten Flächen („Läuferbildung“) minimiert wird. Darüber hinaus verhindern oder verlangsamen sie das Absetzen von Pigmenten.

Ein Beispiel für ein rheologisch wirksames Additiv ist die in Abschnitt 1 gezeigte nanopartikuläre pyrogene Kieselsäure, die zusammen mit den Pigmenten in den Lack eindispersiert wird. Pyrogene Kieselsäure wirkt in lösemittelhaltigen, lösemittelfreien und wässrigen Lacken. Polymere Rheologieadditive für wässrige Lacke sind z.B. die Celluloseether, die heutzutage als nachwachsende Rohstoffe interessant sind.

9.4 Lichtschutzadditive

Diese verhindern die Photooxidation von Lacken durch UV-Licht und Sauerstoff und verbessern damit die Wetterbeständigkeit. Dabei unterscheidet man zwischen UV-Absorbern und Radikalfängern (Abb. 2). In Automobilklarlacken werden beide Typen in Kombination eingesetzt.

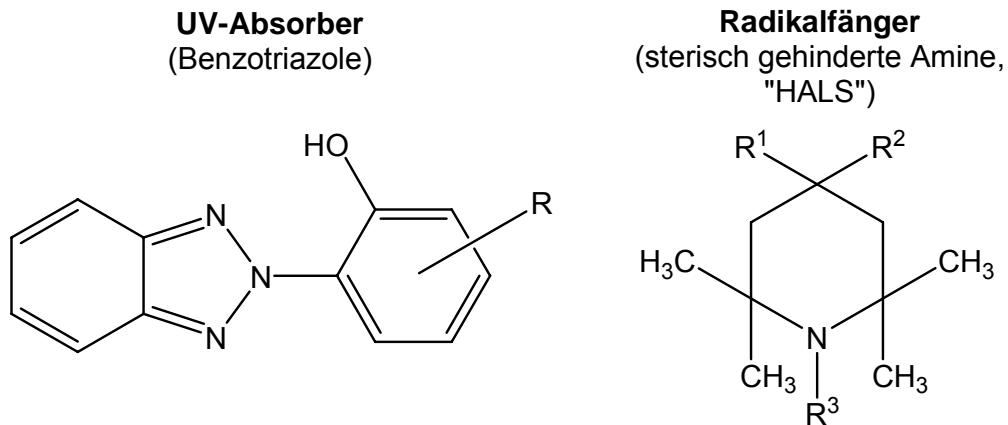


Abbildung 9-2: Wichtige Beispiele für UV-Absorber und Radikalfänger

9.5 Silicon-Additive

Die einfachsten Silicon-Additive sind die Polydimethylsiloxane („Siliconöle“, Abb. 3). Hier wird die bisherige Gliederung der Additive nach ihrer Funktion geändert, da Polydimethylsiloxane abhängig von ihrer Molmasse unterschiedlich wirken können.

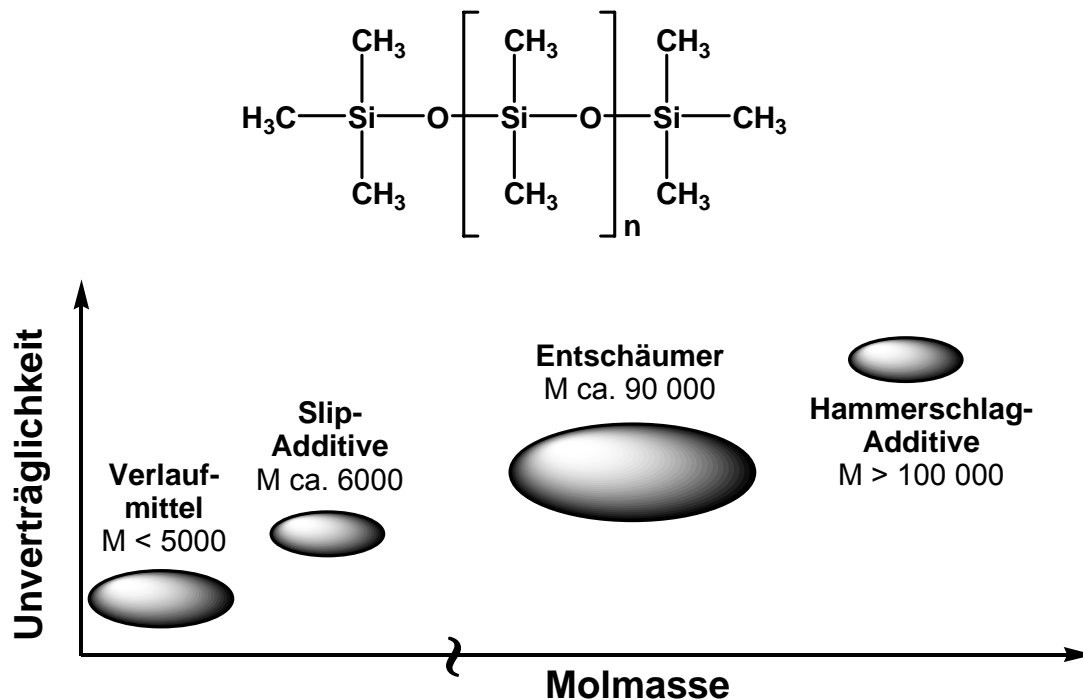


Abbildung 9-3: Polydimethylsiloxane („Siliconöle“)

Darüber hinaus gibt es eine Reihe chemisch modifizierter Silicone als Lackadditive.

10 Lackherstellung Müller

Die Lackherstellung ist ein mechanischer und kein chemischer Prozess. Ziel ist die homogene Vermischung der einzelnen Komponenten. Das Dispergieren (Feinstverteilen) von Pigmenten möglichst bis zu Primärteilchen ist der wichtigste Schritt bei der Lackherstellung, da pulverförmige Pigmente und Füllstoffe immer in Form von Agglomeraten (Abb. 1 und 2) vorliegen und zwar umso mehr, je feinteiliger sie sind.

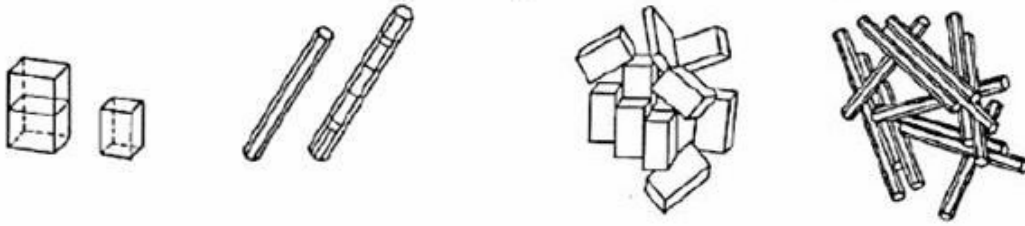


Abbildung 10-1: Vereinfachte Darstellung von Primärteilchen und Agglomeraten

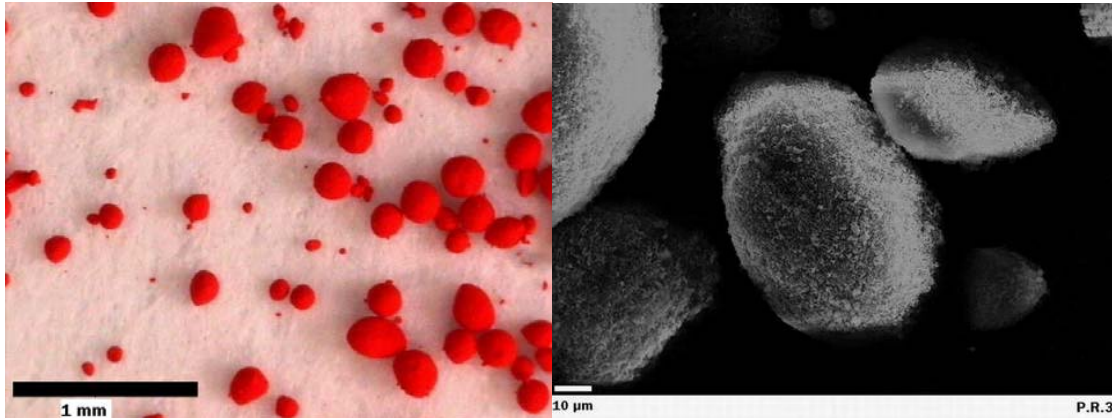


Abbildung 10-2: Lichtmikroskopische und rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen von Pigmentagglomeraten von Pigment Red 3

Durch das Dispergieren der Pigmente wird z.B. der Glanz und die Farbstärke (Abb. 3) verbessert.

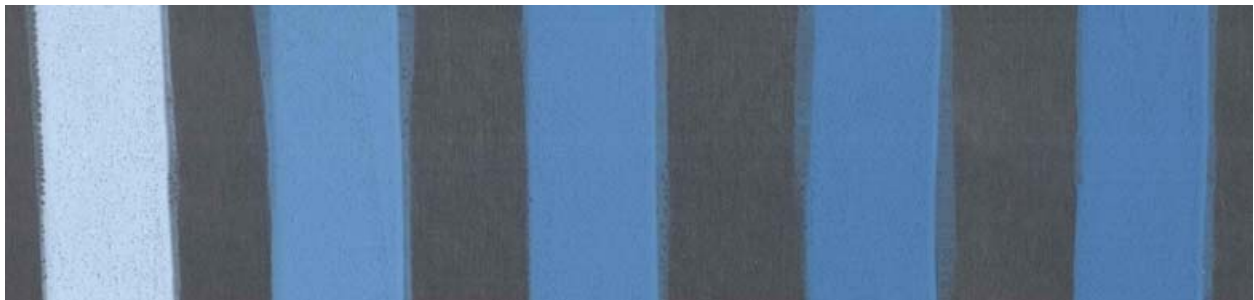


Abbildung 10-3: Dispergierung von Titandioxid und Indanthronblau nach 0, 2, 4, 6 und 8 Minuten (Farbstärkeentwicklung des Blaupigments)

Pigmente müssen in folgender Reihe immer feiner dispergiert sein:

Dispersionfarben \approx Korrosionsschutz-Grundlacke > dekorative Decklacke > Druckfarben > Toner > Druckfarben für Tintenstrahldrucker

Dispergierprozess:

1. Benetzen der Pigmentagglomerate durch die Bindemittellösung (unterstützt durch Netz- und Dispergieradditive)
2. Zerteilen der Pigmentagglomerate (mechanisch durch Dispergieraggregate)
3. Stabilisieren der Pigmentteilchen gegen Reagglomeration (durch das Bindemittel oder Dispergieradditive)

Dispergieraggregate

Das einfachste Dispergieraggregat ist der Dissolver (Abb. 4); dies ist ein zentrischer, hochtouriger Rührer mit Zahnkranzrührscheibe.

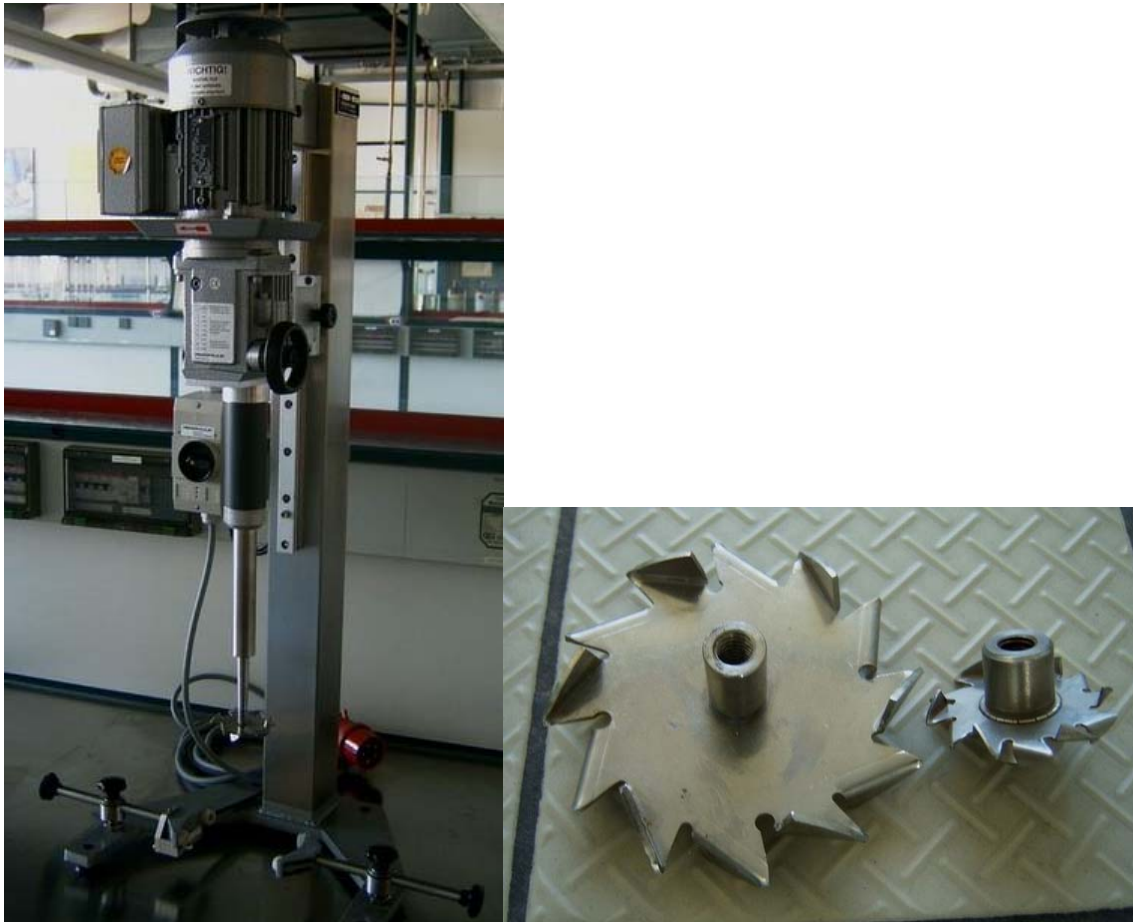


Abbildung 10-4: Dissolver und Zahnkranzrührscheiben

Einsatz des Dissolvers:

- Vordispersieren (vor einem weiteren Dispergierschritt)
- Dispergieren von Titandioxid und Füllstoffen für Dispersionsfarben (Titandioxid und Füllstoffe sind insbesondere in Wasser leicht dispergierbar); siehe Versuch.

11 Werkstoffprüfung (Meichsner)

Beschichtungen sind wesentlicher Bestandteil unterschiedlichster Produkte. Die drei grundlegenden Aufgaben einer Beschichtung sind Gestaltung, Schutz und eine bestimmte Funktionalität der Oberfläche.

Beschichtungen sollen durch ihre Farbe, den Glanz oder ihre Oberflächenstruktur ein Produkt verschönern, es hochwertig oder robust erscheinen lassen oder eine gewisse Signalwirkung erzeugen.

Besitzt ein Produkt keine ausreichende Stabilität gegenüber Chemikalien oder Lebensmittel, gegen korrosiven Angriff, gegen Umwelteinflüsse oder etwa gegen mechanische Beanspruchung, so soll eine Beschichtung diese Anforderung erfüllen.

Daneben können Oberflächenbeschichtungen einem Produkt bestimmte Funktionalitäten verleihen, wie etwa Datenspeicherung (Druckfarben, Magnetband), Antihafteigenschaften, Gleiteigenschaften oder sie können Schmutz abweisend sein.

Für alle diese Eigenschaften benötigt man objektive Messmethoden.

11.1 Aussehen, Farbe und Glanz

Das visuelle Erscheinungsbild einer Oberfläche prägt den Eindruck den wir von einem betrachteten Gegenstand bekommen. Von einer Maschine oder einem Werkzeug beispielsweise erwarten wir Festigkeit, Robustheit und Funktionalität, entsprechend sehen die Beschichtungen derartiger Geräte aus: beispielsweise der Hammerschlaglack oder eine Beschichtung mit mittlerem oder mattem Glanz. Andererseits empfinden wir es als unpassend, wenn ein hochwertiger Sportwagen oder ein Musikinstrument (z. B. ein Piano) mit einem solchen Hammerschlaglack lackiert wäre.

Farbe soll Produkten ein unverwechselbares Image verleihen. Beispiele dafür sind etwa gelbe Postautos, rote Feuerwehrautos, grüne Landmaschinen, lila Schokoladenverpackungen etc. Der Verbraucher soll sich auf das immer gleiche Aussehen des Produktes und damit auf eine konstante Qualität verlassen können. Da das Erscheinungsbild maßgeblich zum Image von Produkten beiträgt, besteht der Wunsch nach geeigneten Messgrößen zur Prüfung einer gleich bleibenden Qualität, also Messgrößen für die Farbe und den Glanz.

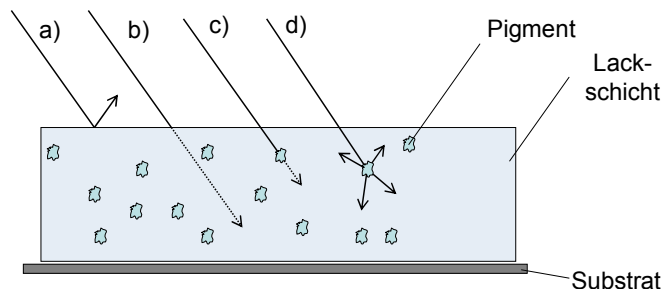
Für die Beurteilung von Farbe und Glanz sind drei Größen wesentlich, nämlich die Lichtquelle, die Oberfläche des Objekts und der Beobachter. Außerdem ist noch die Geometrie, das heißt die räumliche Position der drei zueinander wichtig.

- Lichtquelle: Lichtart, Wellenlängenbereich, Intensität und Intensitätsverteilung
- Oberfläche: Struktur und Textur, Körperfarbe
- Beobachter: Auge, Sehvorgang, Psychologie

11.1.1 Farbmessung

Die Farbmessung ist die messtechnische Umsetzung des Farbsehens.

Sichtbares Licht besteht aus elektromagnetischen Wellen der Wellenlängen 380 bis 780 nm. Trifft es auf eine Oberfläche trifft (z. B. eine pigmentierte Lackschicht), so können mehrere Phänomene auftreten (Abbildung 11-1)



- Licht wird an der Lackoberfläche reflektiert
- Licht wird vom Bindemittel absorbiert
- Licht wird von Pigmentteilchen absorbiert
- Licht wird von Pigmentteilchen allseitig gestreut

Abbildung 11-1: Wechselwirkung von Licht mit einer pigmentierten Schicht.

Eine gefärbte Oberfläche reflektiert nur einen Bruchteil des Lichtes, den eine ideale mattweiße Oberfläche reflektiert. Dieser Bruchteil lässt sich mit einem Spektralphotometer (Abbildung 11-2) messen.

Die Netzhaut des menschlichen Auges enthält die Sinneszellen, Stäbchen und Zapfen, die mit den Fasern des Sehnervs verbunden sind. Die Stäbchen übernehmen das Dämmerungssehen, bei dem nur Helligkeitsempfindungen hervorgerufen werden, die Zapfen übernehmen das Sehen bei Tageslicht. Der Farbeindruck entsteht durch drei unterschiedliche Typen von Zapfen, die auf der Netzhaut vorhanden sind. Diese unterscheiden sich durch die Lage ihrer Absorptionsmaxima. So gibt es rotempfindliche, blauempfindliche und grünempfindliche Zapfen. Aus den Reizen der drei unterschiedlichen Zapfen, den Farbreizen, wird der Farbeindruck für alle Farben im Gehirn erzeugt.

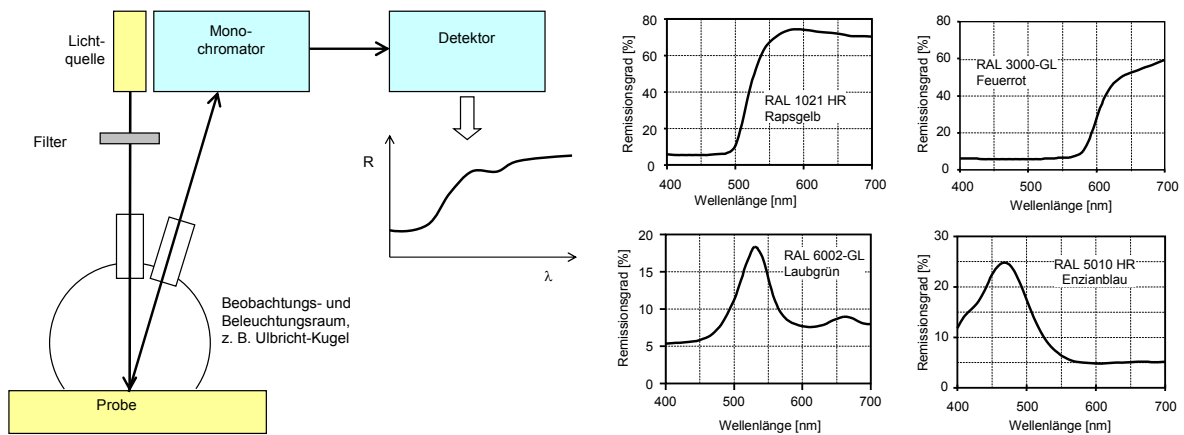


Abbildung 11-2: Prinzipieller Aufbau eines Spektralphotometers (links) und

Das von einer Oberfläche reflektierte Licht fällt auf die Netzhaut und erzeugt dort entsprechend der Empfindlichkeit der Zapfen einen Farbreiz. Um diesen Farbreiz zahlenmäßig erfassen zu können, benötigt man die Empfindlichkeit der einzelnen Zapfenarten, die Normspektralwertfunktionen.

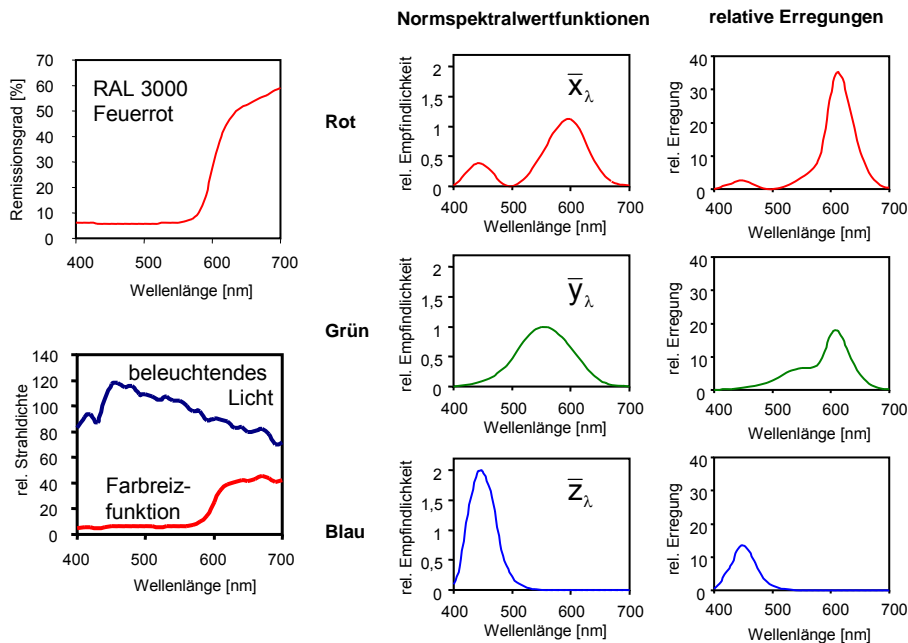


Abbildung 11-3: Reflexionskurve von Feuerrot, spektrale Verteilung des beleuchtenden Lichtes und Normspektralwertkurven (Empfindlichkeit der Zapfenarten). Das Maß für die Erregung der Zapfen ist die Fläche, die unter der Kurve liegt, die aus dem Produkt der Reflexionswerte, der Beleuchtungsintensität und der Zapfenempfindlichkeit bei den einzelnen Wellenlängen gebildet wird.

Diese Flächen unter den Kurven der relativen Erregung der Zapfen (Abbildung 11-3) lassen sich in einen Farbraum im CIELAB-Farbraum umrechnen. Dieser Farbraum wird aufgespannt durch die kartesischen Koordinaten Helligkeitsachse, Blau-Gelb-Achse und Grün-Rotachse. Farben lassen sich so durch ihren Farbraum eindeutig charakterisieren.

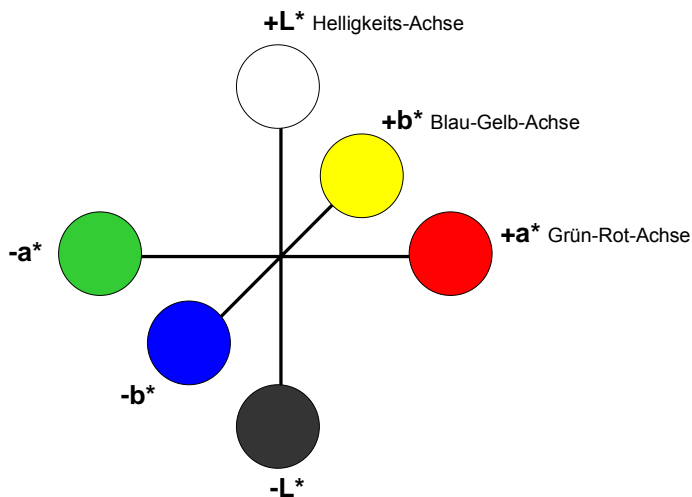


Abbildung 11-4: CIELAB-Farbraum (CIE = Commission International d'Eclairage)

Um den Glanz einer Oberfläche zu messen, wird die Oberfläche mit definiertem Licht beleuchtet, und man misst, welcher Bruchteil reflektiert wird. Der Glanz wird in Glanzeinheiten angegeben.

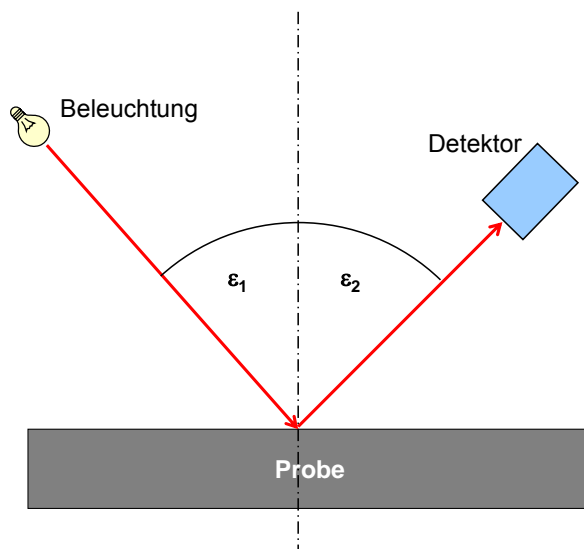


Abbildung 11-5: Prinzip der Glanzmessung mit einem Reflektometer

11.2 Mechanische Eigenschaften

Lacke und Beschichtungen müssen mechanischen Beanspruchungen standhalten. Gewünscht ist eine hohe Härte und eine ausreichende Flexibilität. Außerdem sollen Lacke kratzfest und gegen Abrieb beständig sein. Die Härte ist definiert als das Eindringen eines härteren Körpers in die Beschichtung. Zur Messung gibt es zahlreiche Prüfmethoden. Beispielsweise kann man mit definierten Prüfkörpern in die Beschichtung eindringen und die dabei aufgewendete Kraft messen, oder man kann die Kratzhärte messen. Man unterscheidet

- Ritz- und Kratzhärte (Ritzen unter definierten Bedingungen)
- Eindringhärte (Eindringen eines Prüfkörpers unter definierten Bedingungen)
- Dämpfungsprüfung (Dämpfung der Schwingung eines mit Kugeln auf der Oberfläche gelagerten Pendels. Je weicher eine Schicht ist, umso stärker dämpft sie die Schwingung)

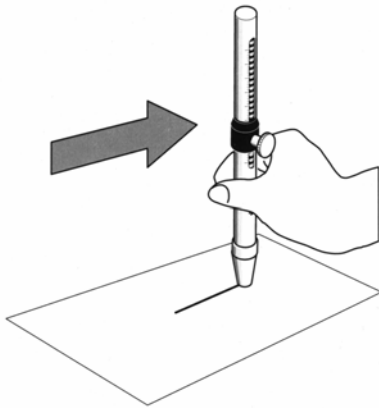


Abbildung 11-6: Kratzhärteprüfung mit dem Dur-O-Test Ritzstichel [Quelle: BYK-Gardner]

11.3 Beständigkeiten

Beschichtungen sollen gegen Chemikalien und gegen den Einfluss des Wetters beständig sein.

Die Chemikalienbeständigkeit prüft man, indem man die Belastung durch Chemikalien, denen die Beschichtung später standhalten soll definierte Zeit auf die Oberfläche einwirken lässt. Die Veränderungen werden meist visuell mit Schulnoten beurteilt.

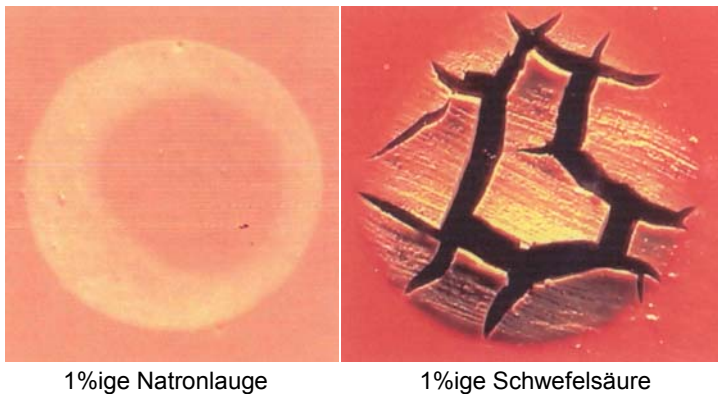


Abbildung 11-7: Mikroskopische Aufnahmen von Schäden auf einer Lackschicht durch Chemikalienbelastung (Tropfendurchmesser ca. 2 mm)

Um die Wetterbeständigkeit zu prüfen lagert man Probetafeln der Lacke entweder in einer Freibewitterungsstation im Wüstenklima, im Tropenklima oder in Industriatmosphäre aus und beurteilt die Schichten während und am Ende der Auslagerungszeit. Solche Tests können mehrere Jahre dauern. Von der Automobilindustrie wird beispielsweise die Freibewitterung in Florida gefordert, weil dort tropisches Meeresklima mit sehr salzhaltiger Luft vorliegt.

In Bewitterungsschränken kann eine Schnellbewitterung mit nacheinander geschalteten oder gleichzeitigen Benässungs- und Bestrahlungszyklen durchgeführt werden. Dabei lassen sich Bewitterungsergebnisse schneller erhalten, sie können die Freibewitterung jedoch nicht ersetzen.

12 Lackapplikation (Domnick)

Lacke können sowohl in flüssiger (Nasslack) als auch in pulverförmiger Form (Pulverlack) appliziert werden. Da sich die jeweiligen Applikationsverfahren sehr stark voneinander unterscheiden, erfolgt im Weiteren eine getrennte Betrachtung.

12.1 Nasslackierung

Ziel des Applikationsprozesses ist es, auf einem beliebig geformten Werkstück eine möglichst homogene Lackschicht aufzutragen. Es ist daher erforderlich, den flüssigen Lack mittels einer Spritzpistole in viele kleine Tröpfchen zu zerteilen und über dem Werkstück auszubreiten. Infolge der Bewegung der Pistole schlagen sich die Tropfen auf den verschiedenen Werkstückbereichen nieder und bilden einen Film. Das bekannteste Spritzsystem ist dabei der Luftzerstäuber (Abbildung 12-1), bei dem die Lackzerstäubung und anschließende Spraybildung und -formung durch Luft (Drücke bis 6 bar) bewirkt wird. Die Dosierung des Lackes kann sehr einfach erfolgen, z.B. mittels direkt an der Pistole angebrachten Fließbechers. In automatisierten Anlagen werden hingegen wesentlich komplexere und genauere Systeme, unter anderem Zahnradpumpen, eingesetzt. Ein weiteres gängiges Verfahren zur Spritzapplikation von Lack stellt der so genannte Airless-Zerstäuber dar. Hierbei wird der Lack unter hohem Druck (bis 200 bar) in einer engen Düse beschleunigt und danach zerstäubt.

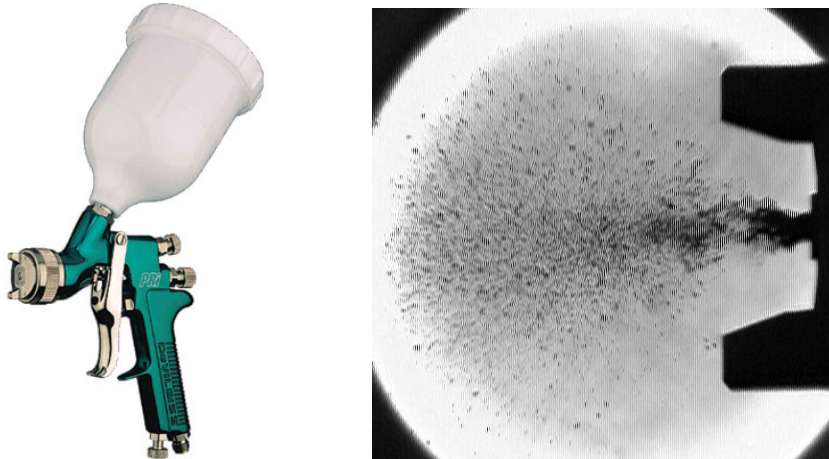


Abbildung 12-1: Luftzerstäuber mit Fließbecher (links) und Zerfallsvorgang (rechts)

Die Eigenschaften der erzeugten Lacksprays, z.B. im Hinblick auf die Größe der erzeugten Tropfen, sind sowohl von den Applikationsbedingungen (Lackmenge, Luftdruck etc.) als auch von den Lackeigenschaften, d.h. insbesondere der Lackviskosität, abhängig. Da sich das Größenspektrum der Lacktropfen unmittelbar auf die Eigenschaften des Lackfilmes auswirkt, besteht ein direkter Zusammenhang zwischen den Applikationsbedingungen, den Lackeigenschaften und der Qualität der Lackschicht. Am einfachsten ist dieser Zusammenhang anhand von Tropfengröße und Lackfilmverlauf darzustellen (Abb. 2). Es liegt auf der Hand, dass bei sehr großen Tropfen der entstehende Film eine höhere Welligkeit aufweist, die auch im Ofen nicht völlig verschwinden wird.

Die Abhängigkeit der Lackfilmqualität von der verwendeten Applikationstechnik führt letztendlich dazu, dass sich anwendungsbezogene Standardverfahren durchgesetzt haben. So werden bei sehr hohen optischen Qualitätsansprüchen (z.B. Automobilindustrie, Möbelindustrie) ausschließlich Luftzerstäuber eingesetzt, während bei Anwendungen ohne größere optische Ansprüche an die Oberfläche (z.B. Korrosionsschutz, Fassadenbeschichtung) häufig Airless-Systeme verwendet werden.

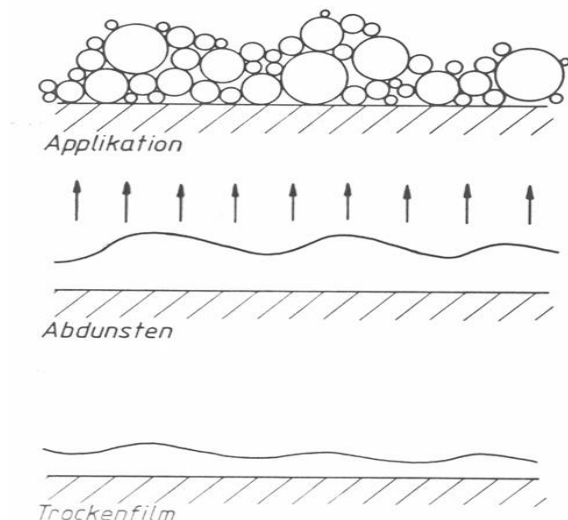


Abbildung 12-2: Bildung eines Lackfilmes aus einzelnen Tropfen

Ein großes Problem des Spritzlackierens stellt die so genannte Overspraybildung dar. Darunter versteht man den massenbezogenen Anteil der Lacktropfen, der nicht auf dem Werkstück ankommt, sondern von der Luft am Werkstück vorbei getragen wird (Abb. 3). Bei Luftzerstäubern kann dieser verloren gehende Anteil, gekennzeichnet durch den Begriff Auftragswirkungsgrad, bis zu 60 % betragen. Grundsätzlich ist es zwar möglich, den Auftragswirkungsgrad durch Optimierung der Applikationsparameter oder durch Verwendung anderer Applikationsverfahren zu erhöhen, allerdings wird dann häufig die geforderte Lackfilmqualität nicht mehr erreicht.

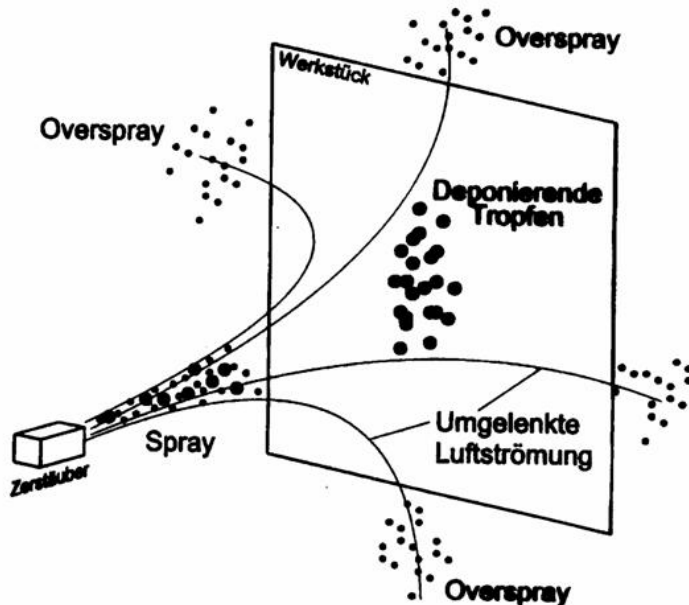


Abbildung 12-3: Mechanismus der Oversprayentstehung

Zur Steigerung des Auftragswirkungsgrades wird in automatisierten Lackieranlagen vielfach die elektrostatische Aufladung der Lacktropfen eingesetzt. Hierbei wirkt auf die geladenen Lacktropfen eine zusätzliche elektrische Feldkraft in Richtung des geerdeten Werkstückes, wodurch zusätzliche Tropfen das Werkstück erreichen. Bei Luftzerstäubern sind damit Wirkungsgradsteigerungen bis zu 20 % möglich. Für Handapplikationen hat sich die elektrostatische Aufladung infolge der erschwerten Handhabung der Pistolen und zusätzlicher Sicherheitsvorschriften nicht flächendeckend durchgesetzt.

Bis hierher wurde lediglich die Spritzlackierung betrachtet. Natürlich existiert darüber hinaus für flüssige Lacke eine Reihe weiterer, teilweise sehr industriell geprägter Applikationsverfahren, genannt werden können z.B. Tauchlackieren, Gießen oder Fluten. Diese Verfahren, die insbesondere durch die hohe Materialnutzung (kein Sprühverlust) interessant sind, haben alle ihre sehr spezifischen Anwendungen. Häufig wird aber nicht die optische Qualität des Spritzlackierens erreicht.

12.2 Pulverlackierung

Die Ähnlichkeit zwischen der Spritz- und dem Pulverlackieren beschränkt sich auf die Form der Sprühwolke, die hier ebenfalls notwendig ist, um ein komplexes Werkstück homogen zu beschichten. Statt flüssiger Lacktropfen liegen allerdings feste Partikel vor, deren Größenverteilung das Resultat der Pulverlackherstellung darstellt. Es ist daher nicht erforderlich, zu zerstäuben, vielmehr genügt es, das Pulver im Raum homogen zu verteilen. Hierzu kommen Pulversprühorgane zum Einsatz, deren Düsen so gestaltet sind, dass das ankommende Pulver-Luft-Gemisch eine Sprühwolke mit definierter Geometrie bildet. Die verschiedenen Sprühorgane unterscheiden in der Folge hauptsächlich in der Form der erzeugten Sprühwolke. Als wichtigste Systeme sind hier Flachstrahldüsen (ebene, nach vorne gerichtete Sprühwolke) und Pralltellerdüsen (runde, breite Sprühwolken) zu nennen.

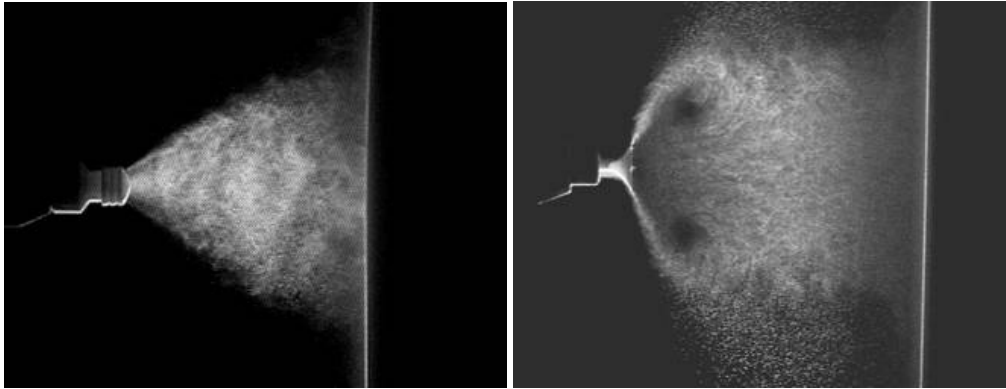


Abbildung 12-4: Flachstrahl (links)- und Prallteller (rechts)- Pulverlackapplikatoren

Da die Eigenschaften des Pulvers feststehen, spielen hier die Applikationsbedingungen keine so entscheidende Rolle für die Qualität der Lackschicht. Natürlich muss auch hier genauso wie bei der Nasslackapplikation mittels einer an das Werkstück angepassten Bewegung des Sprühorgans in Verbindung mit den Applikationsparametern (Abstand, Pulverlackstrom etc.) sichergestellt werden, dass eine möglichst einheitliche Schichtdicke entsteht.

Ein weiterer grundsätzlicher Unterschied zur Nasslackapplikation besteht darin, dass Pulverlack stets mit elektrostatischer Unterstützung appliziert wird. Allerdings steht hier nicht die Verbesserung des Auftragswirkungsgrads im Vordergrund, sondern die elektrostatische Aufladung ist erforderlich, um die Haftung des Pulverlacks auf dem Werkstück sicherzustellen. Zur Aufladung des Pulverlacks existieren zwei unterschiedliche Verfahren: Während sich bei der Koronaaufladung die Partikel infolge der Wechselwirkung mit freien Ladungsträgern direkt in der Sprühwolke aufladen, geschieht bei der Tribopistole die Aufladung im Inneren der Pistole infolge der Reibung zwischen den Pulverlackpartikeln und der Rohrwandung, die in diesem Fall meist aus Teflon besteht.

Die Dosierung des Pulverlacks erfolgt durch so genannte Injektoren, die durch Unterdruck das Pulver aus einem Behälter ansaugen und durch einen Schlauch zur Pistole befördern. Zur Vereinfachung des Ansaugvorgangs wird das Pulver im Behälter durch Luft fluidisiert (Abbildung 12-5). Diese Art der Förderung ist einfach und kostengünstig, erreicht aber lediglich eine Dosiergenauigkeit von 10 %, was für Nasslack nicht ausreichend.

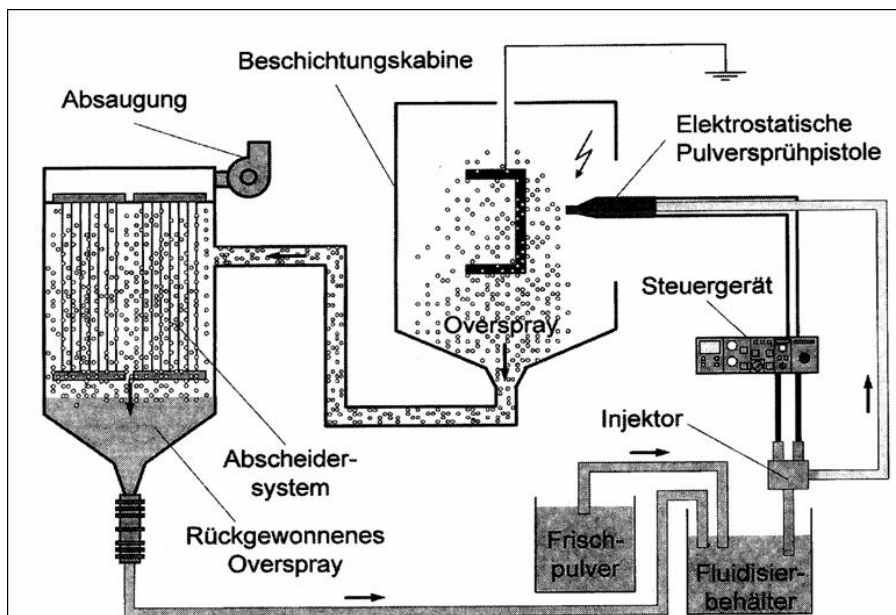


Abbildung 12-5: Pulverlackkreislauf

Der auch bei der Pulverlackapplikation anfallende Overspray kann im Gegensatz zu Nasslack direkt im Prozess wieder verwendet werden. Hierzu wird das in der Kabine anfallende Overspraypulver gesammelt, evtl. gefiltert und gereinigt und dann in den Pulverbehälter zurückbefördert (Abbildung 12-5). Auf diese Weise erhält man sehr hohe Materialnutzungsgrade bis nahezu 100 % und lediglich geringe Abfallmengen.

Diesem umweltbezogenen und kostenmäßigen Vorteil der Pulverlackierung stehen jedoch auch gravierende Nachteile gegenüber. Da sehr feine Pulver nur sehr schwierig zu handhaben sind, erhält man mit den üblichen Pulvern erst ab Schichtdicken von ca. 50 µm einen zufrieden stellenden Lackfilmverlauf. Pulverlackschichten sind somit in der Regel wesentlich dicker als Nasslackfilme. Da gleichzeitig die Dosiergenauigkeit deutlich geringer ist, wird der Vorteil des hohen Materialnutzungsgrads teilweise wieder zunichte gemacht. Zudem ist verfahrenstechnisch bedingt ein Farbwechsel deutlich aufwendiger und zeitraubender als bei Nasslack.