

**Chemische Behandlung von Prozesswässern
am Beispiel eines Lackierbetriebes:
Flockung von Hydrolacken und
Koagulierung von Lösungsmittellacken**

Inhalt

1. Einleitung	3
2. Schematische Darstellung einer Lackierkabine mit Unterflurventuri und der Wasserbehandlung	4
3. Schematische Darstellung einer Lackierkabine mit Wasserwand und der Wasserbehandlung	5
4. Mechanismus der Koagulierung von Hydrolacken	6
5. Koagulierungskonzepte für Hydrolacke	8
6. Mechanismus der Koagulierung von Lösungsmittellacken	8
7. Koagulierungskonzepte für Lösungsmittellacke	9
8. Flotation oder Sedimentation?	9
9. Mechanismus der Schaumbildung und Entschäumung	10
10. Desinfektion von wasserführenden Anlagen bzw. Konservierung von Prozesswasser	14

1. Einleitung

Die chemische Behandlung von Prozesswässern ist stark abhängig von deren Inhaltsstoffen. Im Folgenden werden hier exemplarisch die Herausforderungen an die Wasserbehandlung in Lackierkabinen und deren praktische Durchführung mittels der bewährten pro|**aqua** Produkte, diskutiert.

Schon die Vielfalt der Lacke im Bereich der Automobil-, Flugzeug- und Möbelindustrie fordert hier die ganzheitliche Betrachtung von Anlagen, Lacken und Prozessführung. Wichtig ist nicht "nur" der erfolgreiche Austrag der Lacke, sondern auch die Sauberkeit der Umluft, Filterstandzeiten, Wasserstandzeiten (= Dauer der Verwendbarkeit), Anlagenreinigung und Lackschlammkonsistenz.

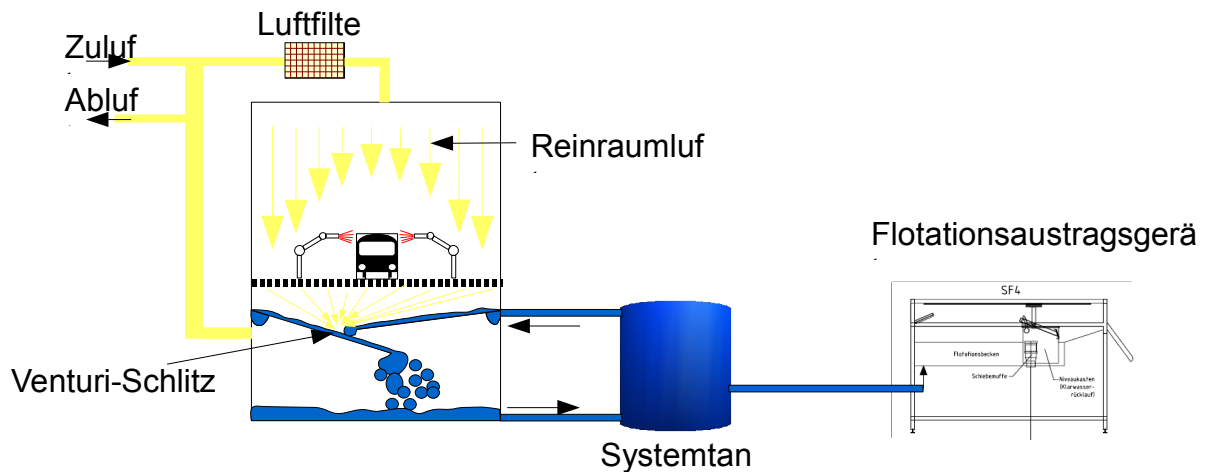
Deshalb werden die Koagulierungskonzepte im pro|**aqua** Labor unter Berücksichtigung der verwendeten Lacktypen (z.B. Primer, Füller, Basislacke, Klarlacke, Decklacke), Anlagen und Prozessführung entwickelt.

Das hier vorliegende Skript beschreibt die verschiedenen Aspekte der chemischen Wasserbehandlung. Dabei können nicht alle betreiberspezifischen Gegebenheiten berücksichtigt werden, sondern es werden z.T. allgemeingültige Prinzipien beschrieben.

Bei konkreten Anfragen werden die kundenspezifischen Besonderheiten durch das pro|**aqua** Team, bestehend aus Anwendungstechnikern, Ingenieuren und Labormitarbeitern, erfasst und in ein ganzheitliches Konzept eingebunden.

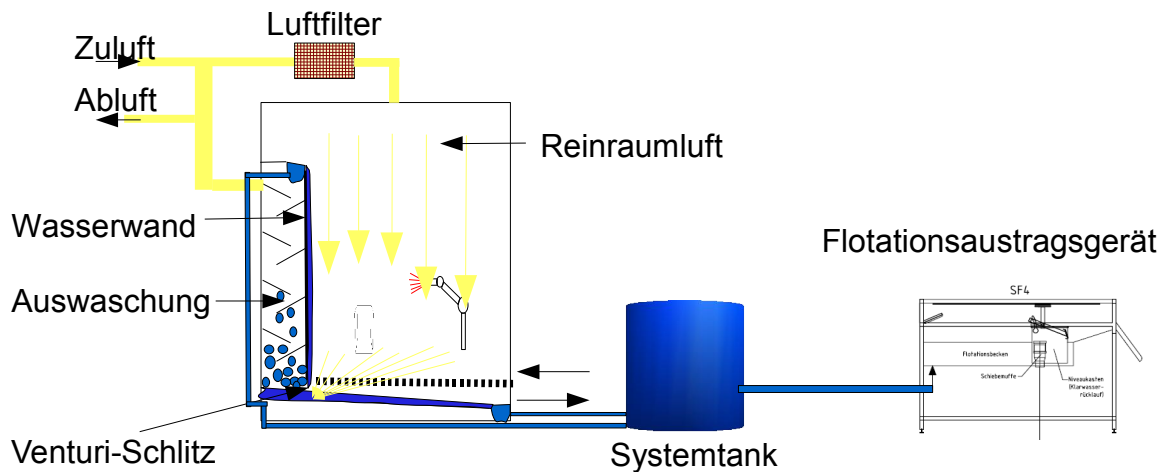
2. Schematische Darstellung einer Lackierkabine mit Unterflurventuri und der Wasserbehandlung

Der Lackoverspray wird durch die laminare, senkrechte Luftströmung in das Prozesswasser gedrückt. Zusammen mit dem Wasser strömt die Luft durch den Venturi-Schlitz. Dabei kommt es zu einer kräftigen Durchmischung von Wasser, Luft und Lackteilchen, wobei leichte organische Bestandteile (z.B. Lösungsmittel) in die Umluft gelangen. Durch den Austausch eines Teils der Umluft durch Frischluft wird somit auch ein Teil der Lösungsmitteldämpfe aus der Umluft herausgeholt. Das Wasser wird in einen Systemtank geleitet. Von dort strömt das Wasser zurück in die Überlaufassen. Ein Teil des Umlaufwassers wird aus dem Systemtank zum Austragsgerät transportiert, durch Koagulation gereinigt und anschliessend dem Kreislauf wieder zur Verfügung gestellt.



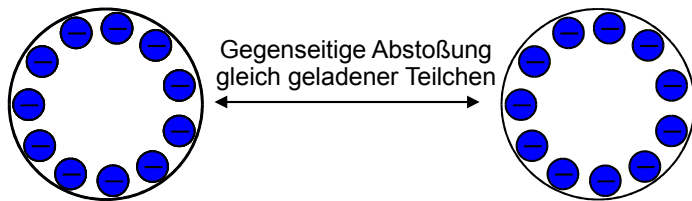
3. Schematische Darstellung einer Lackierkabine mit Wasserwand und der Wasserbehandlung

Im Unterschied zu den Unterflurventuri-Anlagen ist die Wasserwand hier seitlich und senkrecht angeordnet. D.h., der Lackoverspray wird hier waagrecht gegen die Wasserwand gespritzt. Typischerweise haben solche Anlagen ein deutlich geringeres Wasservolumen (1 - 4 m³). Besonders wichtig ist hier eine gut funktionierende Auswaschung im hinteren Bereich der Wasserwand, um Lösungsmittel effektiv von Lösungsmittellacken zu trennen und die Lacke möglichst feinteilig in das Wasser einzutragen. Nur dann können Koagulierungsmittel besonders effizient die Lacke binden und entkleben.

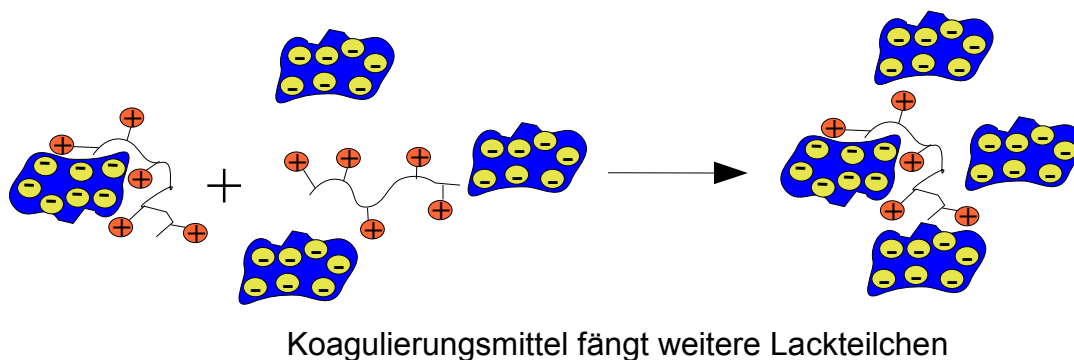
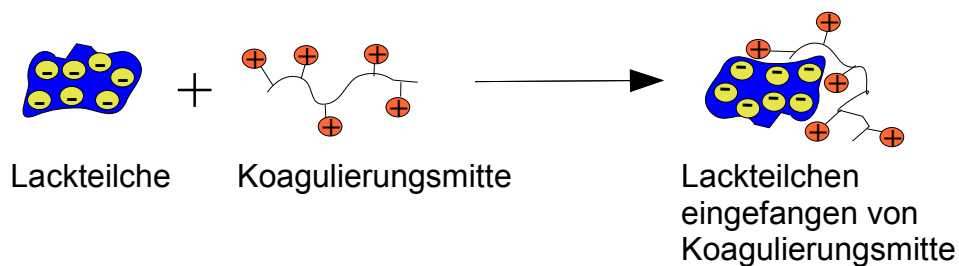


4. Mechanismus der Koagulierung von Hydrolacken

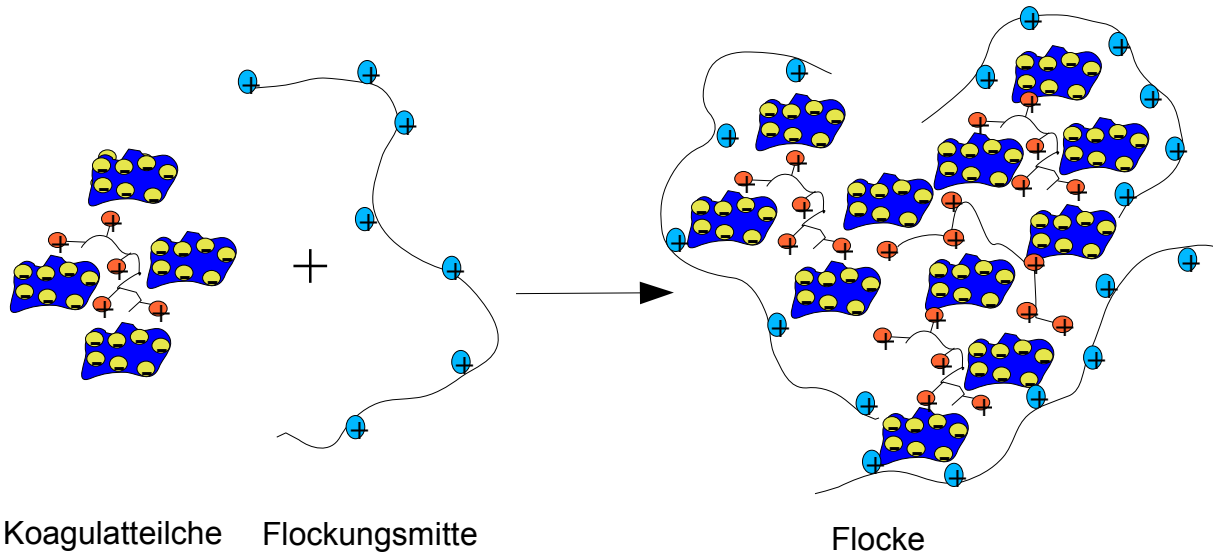
Die Lackteilchen von Hydrolacken werden durch Ladungen an der Teilchenoberfläche im Wasser gehalten. Dadurch wird eine homogene Wasserlacklösung erreicht. Bedingt durch die Ladungen werden die einzelnen Teilchen für das Wasser attraktiv und sie lösen sich darin gut. Außerdem stoßen sich die gleichgeladenen Teilchen gegenseitig ab. Das ist in der Wirkung vergleichbar mit Stabmagneten, bei denen es auch zu Nordpol - Nordpol bzw. Südpol - Südpol Abstoßungen kommt.



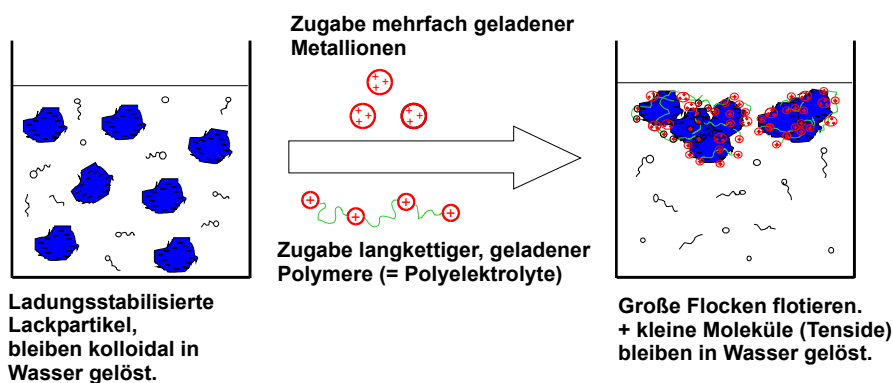
Die Aufgabe der **Koagulieremittel** ist es nun, diese Ladungen zu neutralisieren. Dadurch werden die einzelnen Teilchen für das Wasser unlöslich. Zusätzlich kommt es dann nicht mehr zur gegenseitigen Abstoßung und die einzelnen Partikel können sich zu großen Verbänden zusammenlagern. Damit diese Ladungsneutralisation möglichst schnell erreicht wird, werden Substanzen verwendet die viele Ladungen pro Molekül haben. Wichtig ist weiterhin, dass die Moleküle noch klein und damit leicht beweglich sind, damit sie schnell an die Oberfläche der Lackteilchen gelangen.



Um den Effekt der Zusammenlagerung von Lackteilchen zu verstärken werden zusätzlich noch **Flockungsmittel** verwendet. Diese sind häufig extrem langkettige Moleküle und "fangen" bzw. "umschließen" die einzelnen Koagulateilchen. Aufgrund ihrer Größe sind sie in der Reaktion aber eher langsam. Deshalb werden sie in der Regel nur in Kombination mit kleinen, leicht beweglichen KoagulierungsmitteIn eingesetzt.



Wie die schematische Darstellung weiter unten verdeutlicht, können auch mehrwertige Metallionen wie z.B. Kalzium oder Magnesium als KoagulierungsmitteIn wirken. In jedem Fall verbleiben nach der Koagulation / Flockung noch kleine Moleküle als Bestandteile der Hydrolacke im Wasser. Das können z.B. DispergiermitteIn sein, die ähnlich wie Tenside wirken. Sie sind verantwortlich für das Schaumverhalten der koagulierten Hydrolackprozesswässer. Ihre Wirkungsweise und wie sie behandelt werden können, wird im Kapitel "Mechanismus der Schaumbildung und Entschäumung" näher betrachtet.



5. Koagulierungskonzepte für Hydrolacke

Zur Koagulierung von Hydrolacken sind grundsätzlich verschiedene Konzepte denkbar. Je nach Lackspektrum, Anlagentechnik und Prozessführung werden unterschiedliche Produkte oder Produktkombinationen eingesetzt.

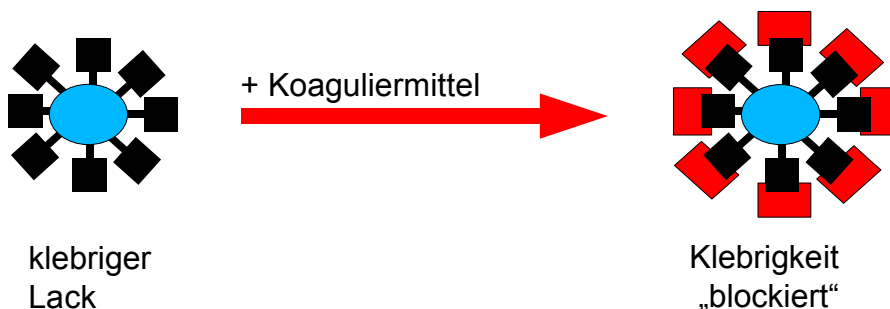
Auf der einen Seite können das Kombinationsprodukte sein die Koagulierungs-, Flockungsmittel, Entschäumer und Biozid enthalten. Der Vorteil liegt in der einfachen und übersichtlichen Handhabung (es muss nur ein Produkt dosiert werden). Außerdem muss der Lackieranlagenbetreiber weniger unterschiedliche Chemikalien bevorraten (=> Logistik, Lagerhaltung).

Denkbar ist aber auch die getrennte Dosierung von Koagulierungs- und Flockungsmittel in Kombination mit einem geeigneten Entschäumer. Hier liegt der Vorteil in der optimalen Dosierung von Koagulierungs- und Flockungsmitteln in Abhängigkeit der verschiedenen Lacke. Technische Voraussetzung ist hier eine lackbezogene Dosiertechnik getrennt für jede Komponente der Wasserbehandlungsprodukte.

6. Mechanismus der Koagulierung von Lösungsmittellacken

Lösungsmittellacke sind aufgrund ihrer chemischen Struktur nicht geladene Verbindungen. Deshalb haben sie keine Neigung sich in Wasser zu lösen. Das heisst, die einzelnen Lackteilchen lagern sich sofort zusammen und versuchen auf diese Weise das Wasser zu meiden. Ein Koagulierungsmittel als solches ist deshalb also nicht erforderlich. Trotzdem muss in aller Regel ein Lösungsmittellack chemisch behandelt werden, wenn er mit dem Prozesswasser in Kontakt kommt. Traditionell spricht man auch hier von Koagulierungsmitteln, wenn auch die Anforderungen ganz andere sind:

- a) Klebrigkeit: viele Lösungsmittellacke verfügen über reaktive Stellen. Dadurch werden sie klebrig und haben die Tendenz zur Anhaftung an Metallwände etc. Diese Klebrigkeit muss blockiert werden um den Lack aus dem Kabinenwasser möglichst rückstandsfrei zu entfernen.



- b) Klumpigkeit: einige Lösungsmittellacke sind zwar nicht klebrig, neigen aber zu schneller Klumpenbildung. Diese sind dann nur schwer aus dem Prozesswasser austragbar bzw. können zu Ablagerungen in Pumpen oder bei anderen mechanisch beweglichen Teilen führen.

7. Koagulierungskonzepte für Lösungsmittellacke

Damit Lösungsmittellacke in Prozesswässern behandelt werden können, sind 2 grundsätzlich verschiedene Vorgehensweisen möglich.

Sehr gut bewährt haben sich bentonitartige Produkte deren Absorptionsvermögen auf die nichtionische Struktur dieser Lacke abgestimmt ist. Sie können praktisch immer sehr erfolgreich eingesetzt werden. Allerdings ist der dabei entstehende Lackschlamm sehr feinteilig und die Flockengröße muss über ein geeignetes polymeres Produkt austragsgerecht eingestellt werden.

Eine weitere Variante der Behandlung von Lösungsmittellacken ist die Verwendung gegensinnig geladener Polymere. Hier ist die richtige Dosierstelle und das Verhältnis der polymeren Produkte von immenser Bedeutung.

Das **projaqua Labor** ermittelt auf einer Technikumsanlage unter praxisnahen Bedingungen das am besten geeignete Konzept.

8. Flotation oder Sedimentation?

Nach der Koagulierung und Flockung der Lacke im Prozesswasser gibt es grundsätzlich zwei Möglichkeiten: Sedimentation oder Flotation.

Unter Sedimentation versteht man das Absetzen von Schwebstoffen in einer Flüssigkeit. In den vorliegenden Fällen also das Absetzen von Lackschlamm in Wasser. Umgekehrt ist die Flotation das Aufschwimmen von Feststoffen an die Flüssigkeitsoberfläche.

Damit ein Feststoff flotieren kann, muss er leichter sein als Wasser. Es heisst, die Dichte des Feststoffes ist kleiner als die des Wassers. Im Falle der Sedimentation ist die Dichte größer als die des Wassers. Wenn die Dichte des Feststoffs exakt gleich der Dichte des Wassers ist, bleibt das Material in Schwebelage.

Damit der Lackschlamm über ein Flotationsgerät ausgetragen werden kann, muss er naturgemäß an die Oberfläche schwimmen. Wie kann nun bei Lacken, die eine höhere Dichte haben als das Prozesswasser, die Dichte verringert werden?

Hier gibt es wieder zwei Möglichkeiten:

1. Einbau oder Anlagerung von Luft in / an die Flocke
2. Einbau von Entschäumer (hier ist die Dichte immer kleiner als die des Wassers) in die Flocke

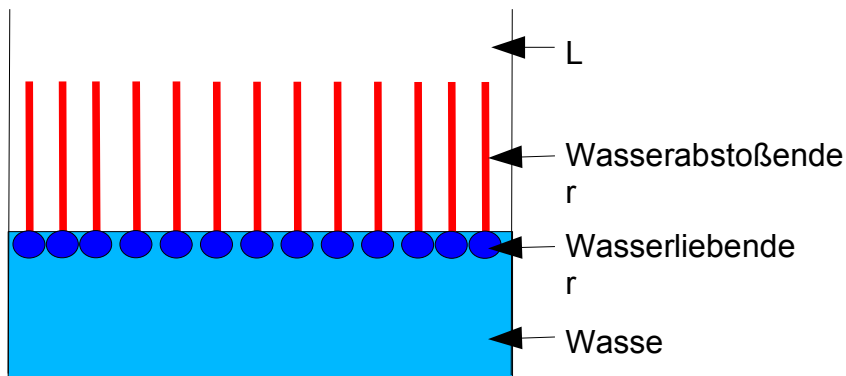
Beides wird über eine geeignete Prozessführung erreicht. Welche davon die geeigneter ist und wie sie realisiert wird, hängt von den individuellen Bedingungen ab.

9. Mechanismus der Schaumbildung und Entschäumung

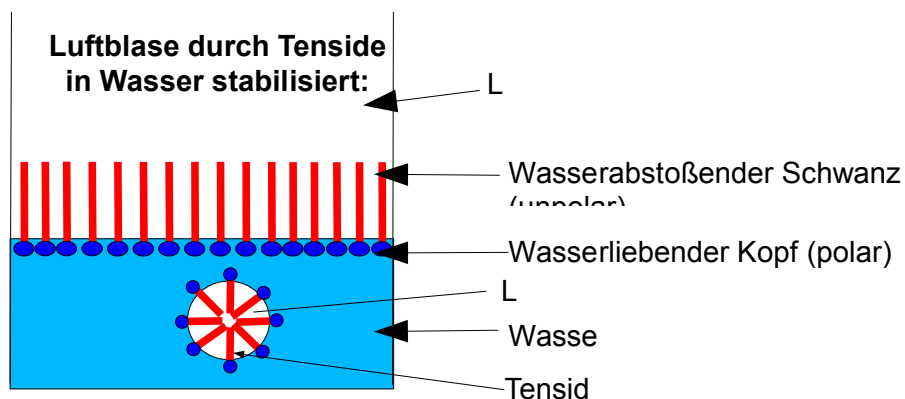
Mit dem Einbringen von Hydrolacken in das Prozesswasser werden auch in unterschiedlichem Maße Tenside in das Wasser eingetragen. Tenside sind sogenannte oberflächenaktive Verbindungen. Sie verfügen über einen polaren, wasserliebenden "Kopf" (blau) und einen unpolaren, wasserabstoßenden "Schwanz" (rot). Dieser unpolare Schwanz kann Luft "binden".



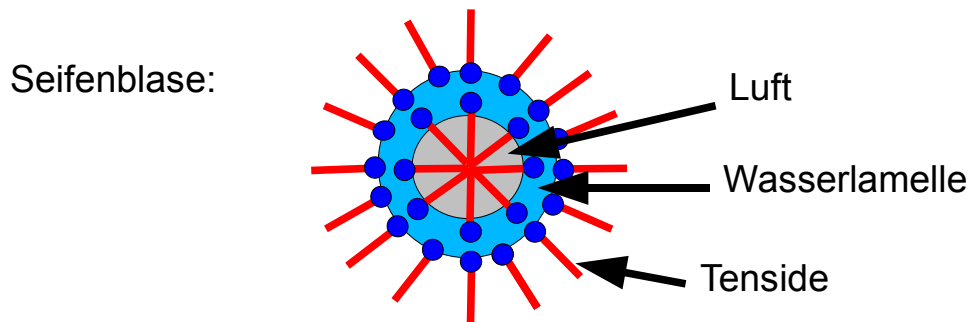
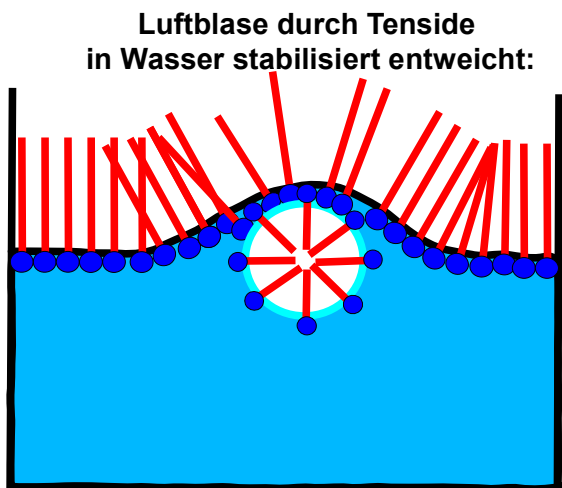
Wenn diese Tenside nur in sehr kleinen Mengen im Wasser vorliegen, sammeln sie sich an der Wasseroberfläche wie folgt an:



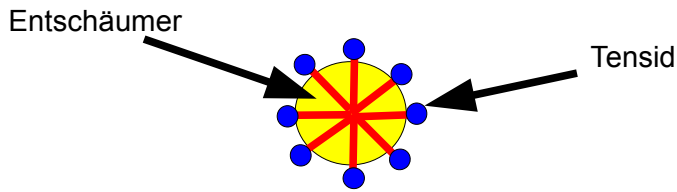
In dem sich diese Tenside mit ihrem unpolaren "Schwanz" an unpolare chemische Stoffe (z.B. Lackharze, Fette, Öle) anlagern ("Gleiches löst Gleiches"), können sie über ihren polaren Kopf solche Stoffe in Wasser (= polares Lösungsmittel) stabilisieren. Wenn solche unpolaren Verbindungen im Überschuss im Wasser vorhanden sind, lagern sich die Tensidmoleküle mit ihren unpolaren Schwänzen zu kugelförmigen Zellen zusammen. Dabei bilden die polaren Köpfe eine Begrenzung hin zu dem polaren Wasser. Wird in dieses Wasser Luft eingetragen (z.B. Verwirbelungen in Pumpen, Auswaschung), dann orientieren sich die Tenside so, dass sie mit ihrem unpolaren "Schwanz" in eine Luftblase ragen, während der polare Kopf gleichzeitig im Wasser bleibt. Sie bewirken also eine Anreicherung kleinster Luftbläschen im Wasser.



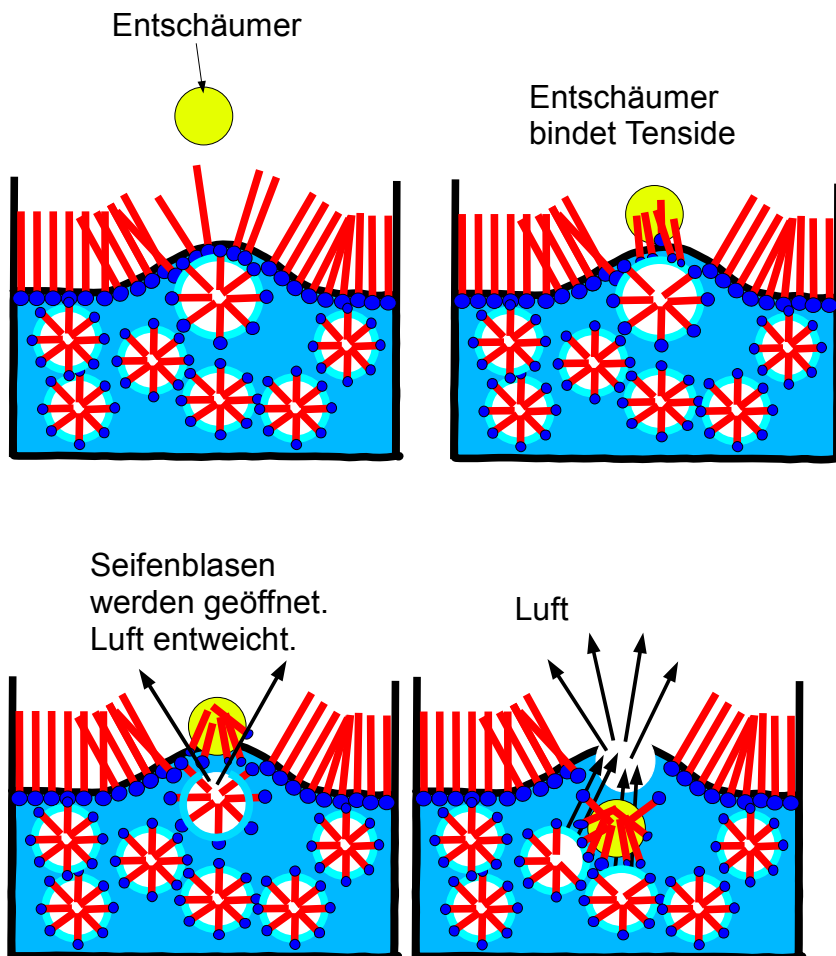
Bewegen sich diese Luftblasen nun an die Wasseroberfläche, dann werden sie von einer zweiten Tensidschicht stabilisiert. An die erste Tensidschicht lagert sich eine zweite Schicht an: polarer Kopf an polarer Kopf. Der unpolare "Schwanz" der zweiten Schicht ragt in die Luft ausserhalb der Luftblase. So entsteht eine Seifenblase. Je nachdem welche Tenside zur Herstellung von Hydrolacken verwendet werden ist der entstehende Schaum sehr stabil oder er zerfällt sehr rasch. Davon abhängig ist dann auch die Wahl des Entschäumers.



Um also den entstehenden Schaum möglichst rasch und effektiv zu bekämpfen, ist ein geeigneter Entschäumer dem Prozesswasser zuzusetzen. Entschäumer bestehen generell aus ausgewählten Mineralölen, speziellen Wachsen und Additiven. Durch die mechanische Einwirkung der Umwälzpumpen wird der Entschäumer im Wasser feinst verteilt in Form kleinster Tröpfchen. Diese Tröpfchen sind ähnlich unpolare (wasserabstoßend) wie die unpolare "Schwänze" der Tenside. Das heisst, die unpolare Teile der Tenside werden durch die Entschäumertröpfchen aufgenommen und damit die schaubildende Wirkung der Tenside unterbunden:



Schematisch lässt sich der Entschäumungsvorgang wie folgt darstellen:



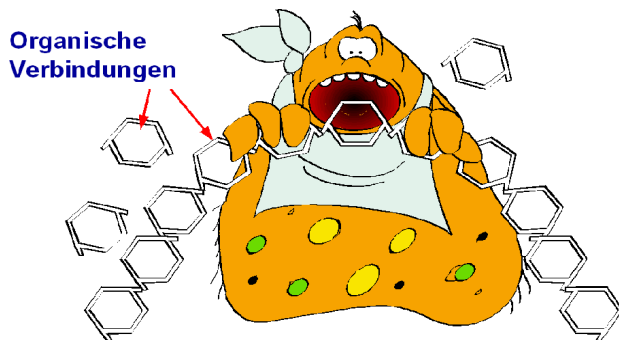
Welche Faktoren können noch die Schaumbildung beeinflussen?

Zunächst einmal ist hier die Wasserhärte zu nennen. Diese ist ein Maß für die Menge an Kalzium- und Magnesiumionen. Jeweils 2 Moleküle eines Tensids können mit ihren "wasserliebenden", polaren Köpfen ein Magnesium- oder Kalziumion binden. Dabei können sie selbst nicht mehr ihre oberflächenaktive Wirkung entfalten und ihre Schaumwirkung ist geringer. Weiches Wasser ($< 10 \text{ }^\circ\text{dH}$) ist deshalb schäumenfälliger als hartes Wasser ($> 20 \text{ }^\circ\text{dH}$).

Auch der pH-Wert kann das Schaumverhalten beeinflussen. Ist der pH-Wert deutlich kleiner als 7, dann können die vorhandenen Wasserstoffionen die Köpfe zweier Tensidmoleküle locker miteinander verbinden. Dadurch wird die Schaumwirkung der Tenside reduziert. Wenn dagegen der pH-Wert größer als 7 ist, werden diese Kopf-Kopf -Wechselwirkungen unterbunden und die Tensidköpfe für das Wasser besonders attraktiv gemacht. Das führt dazu dass die Schaumbildung durch diese Tenside deutlich erleichtert wird.

10. Desinfektion von wasserführenden Anlagen bzw. Konservierung von Prozesswasser

Bei dem Eintrag von Hydrolacken in Prozesswasser und anschließender Koagulierung verbleiben oft niedermolekulare organische Verbindungen im Wasser gelöst. Typischerweise handelt es sich dabei um Dispergiermittel / Tenside oder andere Lackhilfsmittel. Diese chemischen Verbindungen stellen einen hervorragenden Nährboden für Pilze, Hefen und Bakterien dar:



Die Folgen dieser biologischen Prozesse sind in der nachfolgenden Darstellung zusammengefasst:

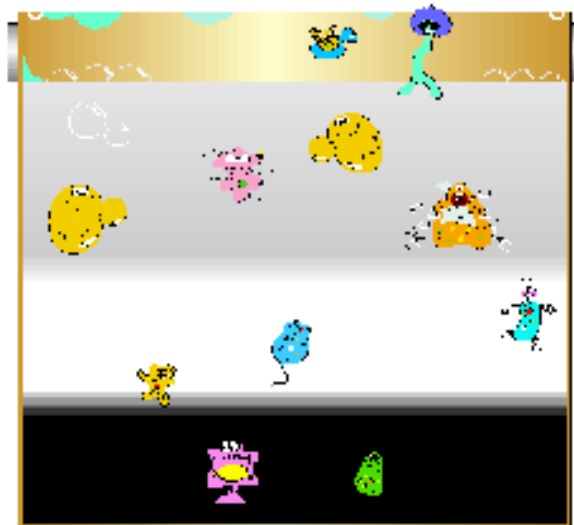
Sichtbares Oberflächenwachstum

Gasbildung / Geruch

pH-Verschiebung

Verfärbung

Biofilmbildung



Um Schäden an der Anlage zu verhindern, eine Geruchsbelästigung zu vermeiden sowie einen optimalen Koagulierprozess zu ermöglichen, sollten die Prozesswässer möglichst keimarm gehalten werden.

Im **projaqua Labor** kann das Prozesswasser auf eine mögliche Verkeimung untersucht werden (Bakterien, Hefen, Pilze). Das am besten geeignete Produkt wird dann empfohlen und die Anwendung im Detail mit dem Kunden bzw. dem verantwortlichen Anwendungstechniker besprochen.