

Synthetische organische Farbstoffe¹

Es handelt sich dabei in seltenen Fällen um synthetische Varianten von natürlichen Farbmitteln, weitaus häufiger jedoch um rein synthetische Farbstoffe von teilweise grundlegend anderer Struktur.

Einige organische Farbstoffe wie **Purpur** und **Indigo** waren zwar bereits seit dem Altertum bekannt und beliebt, weil sie die Palette der Erdfarben um bunte Farbtöne bereichern, hatten jedoch auch schwerwiegende Nachteile wie häufig mangelnde Lichtbeständigkeit. Erst durch die Entwicklung der Chemie im 19. Jahrhundert und vor allem der Organischen Chemie gelang es den organischen Farbstoffen, sich einen begründeten festen Platz unter den Malerfarben zu schaffen. Heute sind sie von der Palette nicht mehr wegzudenken und weisen Eigenschaften auf, die denen der anorganischen Pigmente nicht nachstehen. Dies muß jedoch teilweise durch einen hohen Preis erkauft werden, da diese hochwertigen Farbstoffe eine kompliziertere Struktur aufweisen oder ihre Herstellung teuer ist. Preiswertere organische Farbstoffe weisen in der Praxis daher oftmals auch minder gute Eigenschaften auf oder können nur in bestimmten Anwendungsbereichen eingesetzt werden.

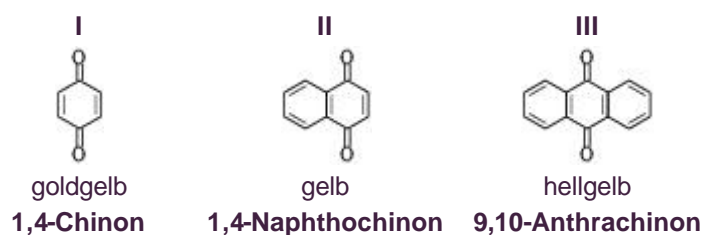
Durch die große Vielzahl an farbgebenden chemischen Strukturen können sie zahlreiche gewünschte Farbtöne liefern, im Gegensatz zu den anorganischen Pigmenten, die auf bestimmte Farben begrenzt sind. Die leichte Modifizierbarkeit der Grundstrukturen erlaubt darüberhinaus eine Anpassung an gewünschte Anwendungseigenschaften. Diese wird jedoch durch grundsätzliche Eigenschaften der Farbstoffe begrenzt und kann nicht immer mit wirtschaftlich vertretbarem Aufwand durch Strukturmodifikationen erreicht werden.

Verbindungsklassen, die farbige Vertreter enthalten oder durch ihren chemischen Aufbau grundsätzlich farbig sind, gibt es zahlreiche, jedoch konnten sich aufgrund der von Farbstoffen geforderten Eigenschaften in der Praxis nur einige durchsetzen. Diese sollen im folgenden eingehender betrachtet werden.

- Carbonylfarbstoffe:
 - [Chinone](#)
 - [Indigoide Farbstoffe](#)
 - [Chinacridone](#)
- Cyaninfarbstoffe:
 - [Di- und Triarylmethane, Chinonimine](#)
- [Azofarbstoffe](#)
- [Azomethine und Methine, Isoindolinpigmente](#)
- [Phthalocyanine](#)
- [Dioxazine](#)

Chinone

Chinone sind Dioxoverbindungen, die sich aus aromatischen Ringsystemen ableiten. Die für die Farbstoffchemie wichtigsten Vertreter sind die Chinone I bis III, wobei in der Praxis nur das Anthrachinon III Bedeutung als Stammkörper besitzt.



Neben einfachen Anthrachinon-Derivaten, die vor allem Farbstoffe stellen, werden auch höher kondensierte, auf Anthrachinon basierende Ringsysteme eingesetzt, die auch als Pigment verwendet werden können.

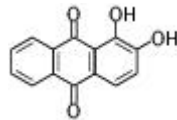
Einfache Anthrachinon-Farbstoffe

Farblacke

Vom Anthrachinon leiten sich wichtige Pigmente ab, deren Bildung darauf beruht, dass mehrfach hydroxylierte Anthrachinone (**Alizarin** bis **Purpurin**) mit Metallionen schwerlösliche Verbindungen, sogenannte **Farblacke**, bilden. Die wichtigen natürlichen Pigmente *Karminrot* und *Krapplack* zählen zum Beispiel zu den Farblacken, wie es schon teilweise aus dem Namen hervorgeht. Als Beispiel für einen Farblack diene das *Türkischrot*, das einen Aluminium-Calcium-Lack des Alizarins darstellt.

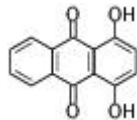
¹ Ingo Klöckl, <http://www.2k-software.de/ingo/farbe/farbchemie.html>

IV



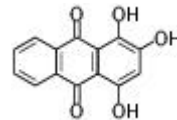
Alizarin

V



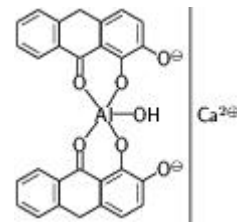
Chinizarin

VI



Purpurin

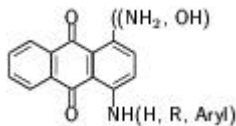
VII



Türkischrot,

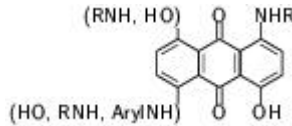
Ionische und nicht-ionische Anthrachinon-Farbstoffe:

VIII



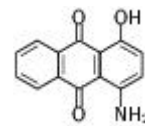
Dispersol Rot A-2B

IX

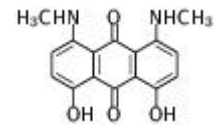


Dispersol Blau B-G

X

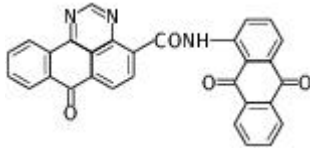


XI

**Heteropolycyclische Anthrachinon-Pigmente**

Durch Kondensation mehrerer Amino-anthraquinone erhält man verschiedene polycyclische Verbindungen, die sich als Farbstoffe eignen. Indanthron und Flavanthron wurden bereits um 1900 synthetisiert und als Küpenfarbstoffe eingesetzt. Sie zählen zu den ältesten synthetischen Küpenfarbstoffen überhaupt.

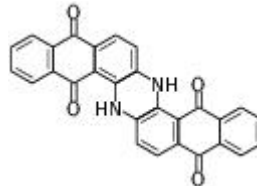
XII



Vat Yellow 20

P. Y. 108

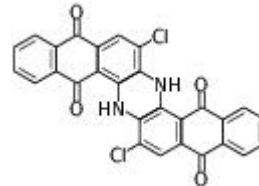
XIII



Indanthron

P. B. 60

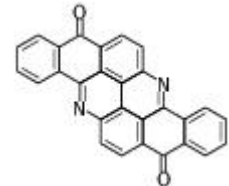
XIV



3,3'-Dichlor-indanthron

P. B. 64

XV



Flavanthron

P. Y. 24

Indanthron-Pigmente

Die Grundstruktur der Indanthron-Pigmente ist das blaue Indanthron XIII selber, das unter dem Namen P.B. 60 (C.I. 69800) als Pigment, früher vor allem als Küpenfarbstoff, eingesetzt wird. Sein früherer Name Indanthren wurde zum Namensgeber dieser Klasse von außerordentlich hochwertigen Farbstoffen (Indanthren-Farbstoffe), zu denen zum Beispiel auch das 3,3'-Dichlor-indanthron P. B. 64 (C.I. 69825) gehört.

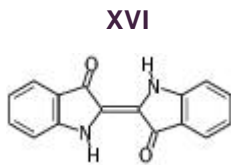
Flavanthron-Pigmente

Zu den Flavanthron-Farbstoffen gehört vor allem das als Küpenfarbstoff und Pigment verwendete Flavanthron XV selber, P. Y. 24 (C.I. 70600).

Indigoide Farbstoffe

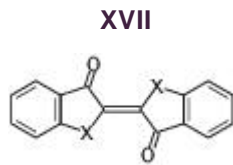
Indigo I ist der älteste Küpenfarbstoff, der aber nur kurzzeitig als Pigment genutzt wurde und hauptsächlich als Küpenfarbstoff in Gebrauch war. Der natürliche Indigo liegt als Indican, das Glukosid der farblosen Enolform von Indoxyl vor, aus dem er durch Fermentation und anschließende Luftoxidation gewonnen werden kann. In Asien (China, Indien, Java) diente als Quelle indigofera tinctoria, in Europa der Färberwaid isatis tinctoria.

Durch seine synthetische Herstellung konnten zahlreiche Derivate hergestellt werden, die die Struktur II aufweisen, in der X sein kann: -NH- (Indigo), -NR-, -S- (Thioindigo III), -O- oder -Se-. Speziell für X = S (Thioindigo III) existieren Verbindungen des Typs IV, von denen sich nur noch wenige, hauptsächlich durch Chlor und Methyl substituierte Vertreter erhalten haben (V rotviolett, VI bläulich-rot). Daneben kann die Position der Methylenbrücke von 2,2' zu 2,3' oder 3,3' verändert werden (Beispiel VII).

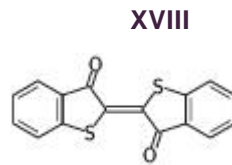


Indigo

blau

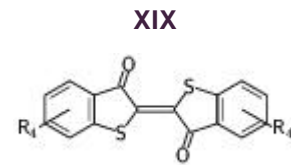


gelb bis violett

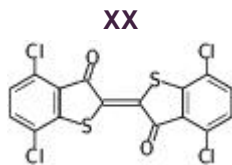


Thioindigo, Vat Red 41

rot

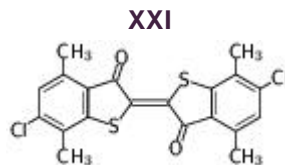


Substituenten am Benzenring ändern die Lage des Absorptionsmaximums und damit den Farbton beim Indigo um bis zu 50 nm, was im wesentlichen zu verschiedenen Blautönen führt. Der Einfluß der Substituenten auf das Absorptionsmaximum des Thioindigos ist dagegen erheblich größer, der Farbbereich von gelb bis violett kann erreicht werden. Die Farbtöne der technischen Thioindigopigmente reichen von rotviolett zu braun. Die Thioindigopigmente weisen sehr gute Licht- und Wetterechtheit sowie Migrations- und Lösemittelbarkeit auf (dies hängt sehr stark von der Stellung der Substituenten ab). Indigopigmente werden auf dem Lackgebiet eingesetzt, der Indigo selber sowie der Thioindigo teilweise bei der Spinn- und Kunststoffeinfärbung.

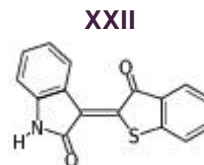


4,4',7,7'-Tetrachlorthioindigo

blau

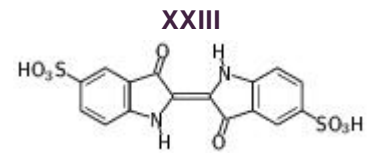


P. R. 181 C.I. 73360



Thioindigo-Scharlach

rot

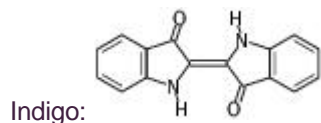


Indigocarmin, E 132

rot

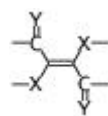
Ursache der Farbigkeit

Im Gerüst des Indigos ist ein **Carbonylchromogen** realisiert, speziell das sogenannte **H-Chromophor**. Dies erkennt man in der Gegenüberstellung von Indigo und dem Chromogen deutlich:

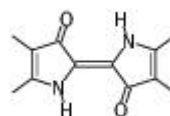


Im **H-Chromophor** ist im Falle des Indigo und seiner Derivate **Y = O**, **X ist meist -NH oder S**. Die beiden Phenyllinge besitzen keine Bedeutung für die Farbigkeit der Verbindungen und werden bei technischen Indigoderivaten nur aus anwendungstechnischen Gründen beibehalten oder durch Naphthalenringe ersetzt. Tatsächlich ist bereits die Verbindung XXV farbig, die keine Benzenringe besitzt.

XXIV



XXV

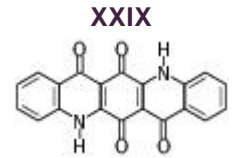
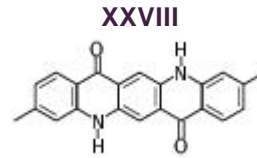
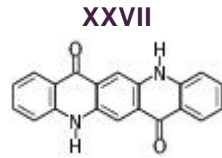
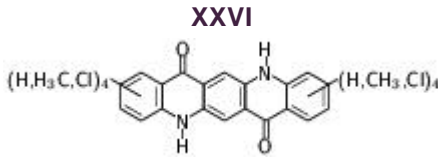


H-Chromophor

Chinacridon-Pigmente

Die Chinacridone leiten sich vom linearen trans-Chinacridon XXVI ab. Die technisch interessanten Verbindungen sind an den äußeren Ringen wie gezeigt tetrasubstituiert. Die Verbindung I ist nur eine von vier möglichen Anordnungen der Ringe (zwei Anordnungen sind angular um den zentralen Ring herum angeordnet, daneben existiert durch die Anordnung der Carbonylgruppe noch jeweils eine cis/trans-Isomerie), die anderen drei Anordnungen sind jedoch für die Farbchemie uninteressant und nur schwach gelb gefärbt. XXVI selber ist in unsubstituiertem Zustand intensiv blautichig-rot. Beispiele für Pigmente des Chinacridontyps sind XXVII (violett) und XXVIII (magenta).

Auch Mischkristalle von Chinacridonpigmenten mit dem schwach gelben, aber nicht besonders beständigen Chinacridonchinon XXIX sind möglich, wobei dessen Echtheiten durch die Mischkristallbildung erheblich verbessert werden und der Farbton von violett zu goldgelb verschoben wird.



P. V. 19, C.I. 73900

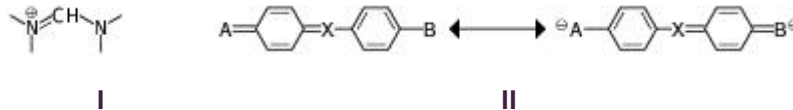
P. R. 122, C.I. 73915

Chinacridonchinon

Die Chinacridon-Pigmente sind tief farbig, wobei gelbe bis violette Farbtöne erreicht werden können. Sie weisen hervorragende Migrations-, Licht- und Wetterechtheiten auf und zählen somit zu den hochwertigen Pigmenten, die in Lacken und Druckfarben für hohe Anforderungen eingesetzt werden.

Cyanin-Farbstoffe: Di- und Triarylmethane, Chinonimine

Vom kleinstmöglichen [Streptocyanin](#) I leitet sich das homologe, mesomere System II ab, das als Grundlage zahlreicher verwandter Farbstoffklassen dienen kann.



In II kann für X der Rest C-H oder C-Aryl eingesetzt werden, was zu den *Di- und Triarylmethanen* VII und VIII überleitet, oder Stickstoff N, was zu den *Chinoniminen* IV bis VI führt. A kann sein O oder NR_2^+ , B dagegen OH oder NH_2 . Bei beiden Gruppen werden verschiedene Typen unterschieden, die sich in den Resten A und B unterscheiden.

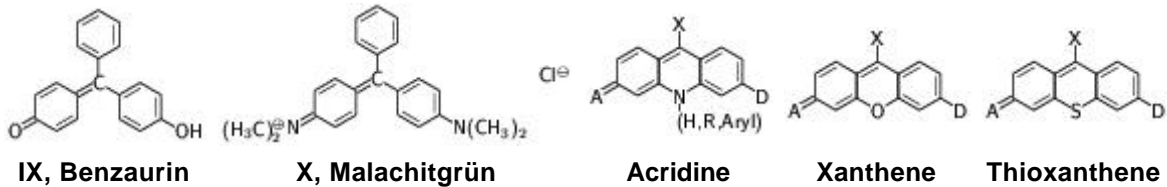
Typ	A	B	X	Beispiel (Grundgerüst)
Triarylmethane				
Benzaurin	O	OH	C-Aryl	
Malachitgrüntyp	NR_2^+	NR_2	C-Aryl	
Chinonimine				
Indophenol	O	OH	N	
Indoanilin	O	NR_2	N	
Indamin	NR_2^+	NR_2	N	

Für die Farbstoffchemie sind von den Triarylmethanen der Typus des Malachitgrüns von Interesse, von den Chinoniminen besonders die Indamine VI. Prinzipiell kann die intensive Färbung von Verbindungen dieser Gruppen durch ihre Ableitung von den [Polymethinen](#) erklärt werden, worauf bei den einzelnen Unterklassen detaillierter eingegangen wird.

Triarylmethanfarbstoffe

Liegt in den chinoiden Strukturen als zentrale Komponente ein Arylmethin $=\text{C}(\text{Aryl})-$ vor, gelangt man zu den *Triarylmethanen* oder für Aryl = $-\text{C}_6\text{H}_5$ zu den *Triphenylmethanen*, die als Farbstoffe große Bedeutung haben. Analog zu den Indophenolen IV und den Indaminen VI lassen sich je nach Art der Substituenten A und B zwei Typen VII und VIII unterscheiden. Der Benzaurintyp mit dem Benzaurin IX entspricht dabei dem Indophenoltyp, der Malachitgrüntyp mit Malachitgrün X als Beispiel stellt das zu den Indaminen korrespondierende Grundgerüst dar. In der Praxis ist der Malachitgrüntyp von Interesse, der im folgenden genauer besprochen wird.

Die Verbindungen des Malachitgrüntyps treten auch verbrückt auf, wobei $-\text{N}(\text{H},\text{R},\text{Ar})-$, $-\text{O}-$ und $-\text{S}-$ als Brückenglieder in Betracht kommen. Man erhält so die Acridine, Xanthe und Thioxanthe. Diese können mit einem dritten Arylring (meistens) oder Wasserstoff substituiert sein.

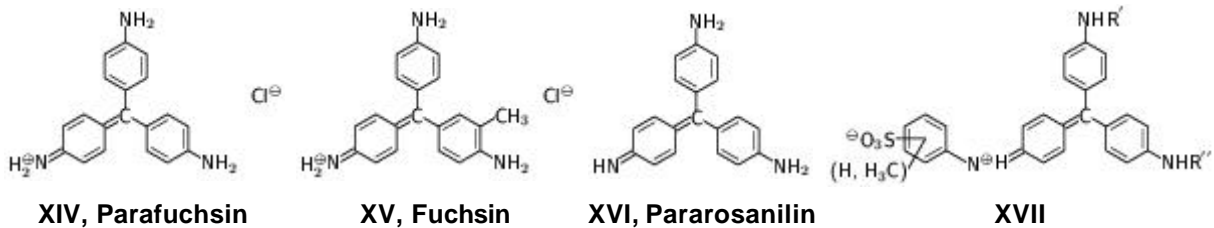


Farbstoffe vom Malachitgrüntyp können in zwei Gruppen eingeteilt werden:

- Sulfonierte Triarylmethane, die ein inneres Salz bilden (*Alkaliblautyp*)
- Salze von Triarylmethanen mit Anionen komplexer Heteropolysäuren wie Polywolframsäure oder Polymolybdänsäure.

Diese Triphenylmethane wurden lange Zeit nur als Farbstoffe für die Textilfärberei genutzt, wobei man für Wolle sulfonsaure Triphenylmethane einsetzte, für Seide basische Varianten. Mit Brechweinstein wurden auch Pigmente als Lacke auf Aluminiumhydroxid gefällt, die prächtige Farben besaßen, aber wenig lichtecht waren.

Die Grundstruktur des Alkaliblautyps ist durch die bekannten Farbstoffe Parafuchsin XIV bis Pararosanilin XVI gezeigt, technisch interessant sind Farbstoffe vom Typ XVII. Hierbei bedeuten R' und R'' die Reste -H, -C₆H₅, -C₆H₄-CH₃ (meta). In der Regel werden zwei (R' = -H) oder alle drei Aminpositionen substituiert. Bei zwei Substituenten erhält man rotstichigere, bei drei Substituenten grünstichigere Farbtöne. Durch die Art der Herstellung liegen meist Gemische vor mit der Struktur XVII als Hauptkomponente.



Die entstandenen Triphenylmethane sind blau und deutlich rotstichiger als die Phthalocyanine. Sie werden in Druckfarben für den Buch- und Offsetdruck benutzt und dienen oft zum Schönen von schwarzen Druckfarben. Sie sind sehr farbstark, jedoch unbeständig gegenüber Alkoholen und Toluol und nur mäßig lichtecht.

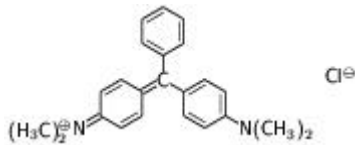
Die zweite Gruppe von Triarylmethanen, solche mit komplexen Anionen, besitzen als Grundstruktur den in Formel XVIII gezeigten Körper. Triaminverbindungen weisen violette Farbtöne auf, während der Fortfall einer Aminogruppe zu grünen Farbtönen führt. Die Phenylringe können durch ein Naphthylsystem ersetzt sein wie in Formel XIX, was eine Verschiebung des violetten Farbtönen nach Blau zur Folge hat. In beiden Fällen sind R die Reste -CH₃, -C₂H₅ und -C₆H₅. Ein weiterer möglicher Grundkörper liegt im Phenylxanthen XX vor, das sich aus dem Triphenylmethangerüst durch Einbau einer Sauerstoffbrücke herleitet. Als Anionen treten die Reste der Phosphorwolframsäure P(W₃O₁₀)₄³⁻ und der Phosphormolybdänsäure P(Mo₃O₁₀)₄³⁻ auf.



Die entstehenden Farbstoffe sind im Falle der Triarylmethane rot, violett, blau oder grün, im Falle der Phenylxanthe rosa. Sie sind sehr farbtonein und decken einen breiten Farbtonebereich ab, ihre Echtheit ist jedoch nicht sehr hoch, außerdem sind sie gegenüber Alkoholen und Alkali unbeständig. Ihr Anwendungsbereich liegt bei den Druckfarben. In der Praxis verwendete Pigmente weisen als typische Vertreter die in der folgenden Tabelle gezeigten Farbstoffe XXI bis XXVI auf.

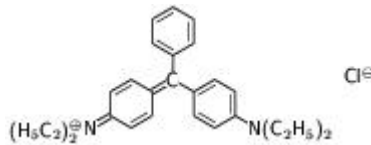
Vom Xanthentyp sind wichtige Fluoreszenzfarbstoffe wie das Fluorescein selber und seine Halogenderivate, zum Beispiel Rose Bengal (4,5,6,7-Tetraiod- 3',4',5',5'-tetrachlor- fluorescein), sowie das Phenolphthalein, das als pH-Indikator sehr große Bedeutung besitzt.

XXI



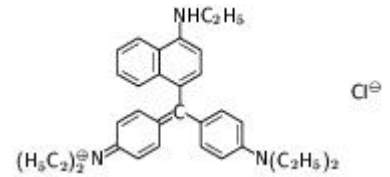
Malachitgrün, P. Gr. 4

XXII



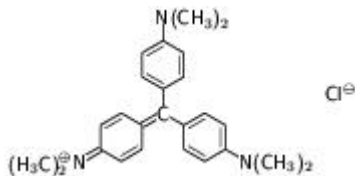
Brillantgrün, P. Gr. 1

XXIII



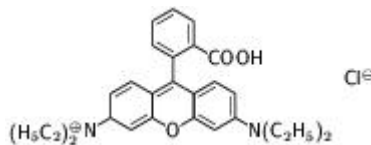
Victoriablau, P.B. 1

XXV



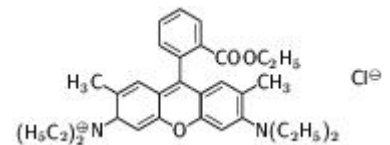
Kristallviolett, P. V. 39

XXIV

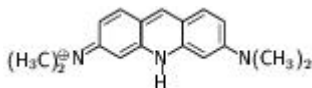


Rhodamin B, P.V. 1

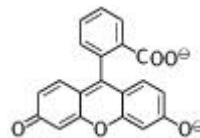
XXVI



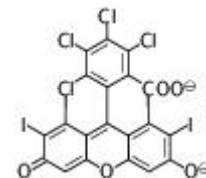
Rhodamin 6G, P. R. 81



Acridinorange



Fluorescein

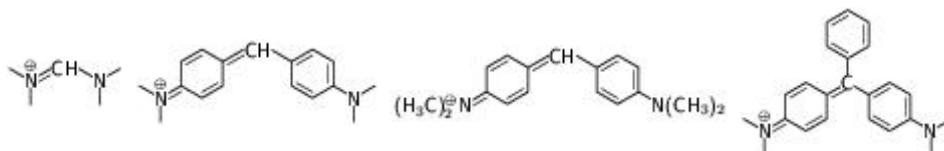


Rose Bengal

Viele der genannten Farbstoffe sind in organischen Lösungsmitteln, oft auch in Wasser zumindest einigermaßen löslich und werden daher nicht als Pigment, sondern als Farbstoff eingesetzt, zum Beispiel das Kristallviolett in Stempelfarben, das Fuchsin zum Anfärben in der Mikroskopie und auch als Reagenz für schweflige Säure. Viele der Farbstoffe können zur Herstellung von Farbstofftinten benutzt werden, deren Lichtechtheit von nicht so großer Bedeutung ist. Weiterhin besitzen einige der Farbstoffe Bedeutung in der Einfärbung von [Lebensmitteln](#).

Ursache der Farbigkeit

Die Ursache der Farbigkeit von Farbstoffen des Triarylmethantyps liegt in ihrer Ableitung vom kleinstmöglichen [Streptocyanin](#), dem Amidiniumion XXVII mit $n=0$. Verlängerung der Ketten durch in einen Benzenring eingebaute Methingruppen führt zur Verbindung XXVIII, die als Bis-dimethylaminoverbindung unter dem Namen **Michlers Hydrol** bekannt ist. Sie führt durch Substitution des zentralen Kohlenstoffatoms mit einer weiteren Arylgruppe zu den **Triarylmethanen** XXIX.



XXVII

XXVIII

Michlers Hydrol

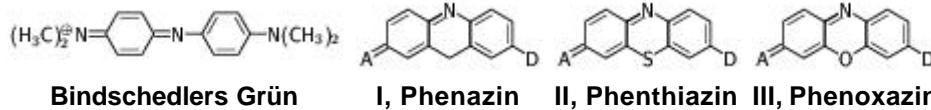
XXIX

Die Di- und Triarylmethane weisen sehr scharfe und intensive Absorptionsmaxima im sichtbaren Bereich des Spektrums auf, sogar schon ohne Elektronendonatoren wie im unsubstituierten Triphenylcarboniumkation. Der dritte Arylring bringt keine große Verschiebung des Absorptionsmaximums zu höheren Wellenlängen hin, die beobachtete Farbänderung ist auf eine zweite Absorption im Bereich um 430 nm zurückzuführen.

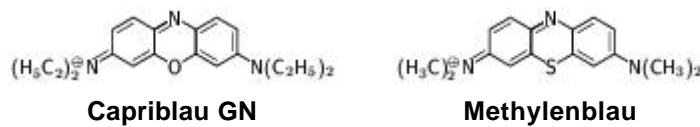
Indamin-Farbstoffe

Von den vorgenannten chinoiden Systemen, in denen die zentrale Methingruppe durch Stickstoff ersetzt wurde, sind die Indamine für die Farbstoffchemie von besonderem Interesse. Ein konkretes Beispiel eines Indaminfarbstoffes ist das **Bindschedlers Grün**.

Die beiden Ringe der Indamine lassen sich mit einer Kohlenstoff-, Schwefel- oder Sauerstoffbrücke miteinander verbinden, sodaß die Gerüste von Phenazin (I), Phenthiazin (II) oder Phenoxazin (III) entstehen. A und D sind Elektronenakzeptoren resp. -donatoren.

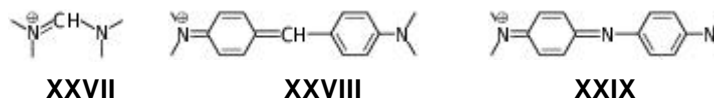


Diese Gerüste stellen die Grundkörper zahlreicher Farbstoffe dar, von denen die Phenazine allerdings nur noch von historischem Interesse sind. Phenoxazine und Phenthiazine wie das Capriblau GN wurden schon sehr früh zur Seidenfärberei eingesetzt, aufgrund ihrer mangelnden Lichtechtheit verschwanden sie jedoch im Laufe der Zeit vom Markt. Nach der Beobachtung, daß ihre Lichtechtheit auf Acrylfasern deutlich erhöht ist, erlebten diese Farbstoffe jedoch wieder eine Renaissance. Das **Methylenblau** ist ein wichtiger Farbstoff in der Analytik.



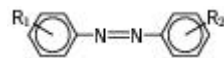
Ursache der Farbigkeit

Die Ursache der Farbigkeit von Farbstoffen des Indamintyps liegt in ihrer Ableitung vom kleinstmöglichen **Streptocyanin**, dem Amidiniumion XXVII mit $n=0$. Verlängerung der Ketten durch in einen Benzenring eingebaute Methingruppen führt zur Verbindung XXVIII, das durch Ersatz des zentralen Kohlenstoffatoms durch eine Azagruppe =N- zu den Indaminen XXIX führt.

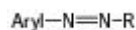


Azofarben

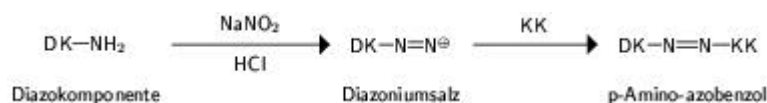
Die weitaus größte Gruppe von gelben und roten Farbstoffen stellen heutzutage die **Azofarbstoffe** dar. Ihr Kennzeichen ist die Diazogruppe -N=N-, die zwei Molekülteile verknüpft und oft in der folgenden Form bekannt ist:



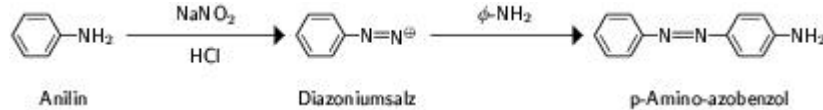
In der industriellen Farbstoffpraxis wird diese Formel etwas verallgemeinert, indem nicht beide Komponenten aromatisch sein müssen:



Die Diazobrücke verbindet die beiden Gruppen Aryl und R, die als Diazokomponente und als Kupplungskomponente bezeichnet werden. Dies wird aus der Bildungsreaktion verständlich. Aromatische Amine (-Aryl, *Diazokomponente*) werden in das Diazoniumsalz überführt und reagieren ("kuppeln") anschließend mit Verbindungen wie Phenolen, Sulfonsäuren und Aminen (R, *Kupplungskomponente*) zur Diazoverbindung:



Zum Beispiel führt die folgende Reaktion mit Anilin als Diazokomponente und einem weiteren mol Anilin als Kupplungskomponente zum p-Amino-azobenzol:



Die große Vielfalt der Azofarbstoffe ergibt sich aus der Tatsache, daß die Substituenten der Diazo- und der Kupplungskomponente variiert werden können (Hydroxy-, alkylierte Amino-, Carboxy- oder Nitrogruppen). Ebenso ist man nicht auf einfache Benzolringe beschränkt, sondern kann Naphthalinderivate oder Benzidine einsetzen.

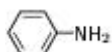
Die Diazokomponente

Der Arylrest kann ein aromatischer Ring oder ein aromatischer Heterozyklus sein und stellt die Diazokomponente dar. Zur Darstellung des Diazoniumsalzes lassen sich zahlreiche aromatische Amine als Diazokomponente einsetzen, deren Grundtypen die folgende Tabelle zeigt. Diamine wie die Benzidinderivate liefern zweifach diazotierte Salze, die mit zwei mol der Kupplungskomponente pro mol Diazoniumsalz reagieren können.

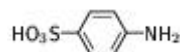
Diazokomponente		
Typ	Struktur	Industriell wichtiges Beispiel
Substituiertes Anilin		mono- bis trisubstituierte Aniline R sind -Cl, -CH ₃ , -NO ₂ , -COOH, -COOCH ₃ , -CONH ₂ , -CONH-C ₆ H ₅
Diamino-biphenyle		di- und tetrasubstituierte Benzidine R, R' sind -H, -Cl, -CH ₃ , -OCH ₃

Die folgende Tabelle zeigt einige Diazokomponenten aus älterer und neuer Zeit. Die älteren Diazokomponenten sind im allgemeinen einfache, mit verschiedensten Gruppen monosubstituierte Aniline, während bei den aktuellen anilinbasierten Diazokomponenten bis zu drei Substituenten auftreten, die aus einer stark eingeschränkten Palette von Gruppen ausgewählt werden. Nur einige frühe Aniline, die diese Substituenten aufweisen, sind heute noch in Gebrauch. Besonders deutlich sieht man die Veränderungen an den Diaminoverbindungen (Benzidine), die sehr spezielle Substitutionsmuster aufweisen, bedingt durch das hohe Anforderungsprofil an den resultierenden Farbstoff (siehe hierzu die Bedeutung der [Substituenten](#) und des [Molekülbaus](#)).

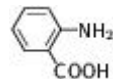
Beispiele älterer Diazokomponenten



Anilin



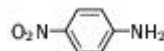
Sulfanilsäure



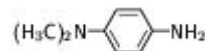
Anthranilsäure



Benzidin

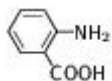


p-Nitro-anilin

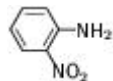


p-Amino-N,N-dimethylanilin

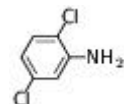
Aktuelle Diazokomponenten



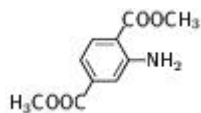
Anthranilsäure



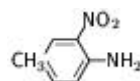
o-Nitroanilin



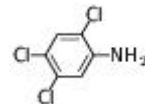
2,5-Dichloranilin



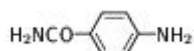
2,5-Anilindicarbonsäuremethylester



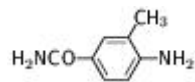
5-Methyl-2-nitroanilin



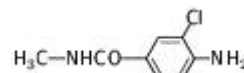
2,4,5-Trichloranilin



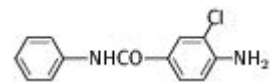
I



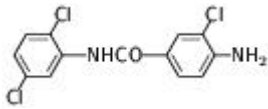
II



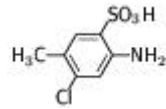
III



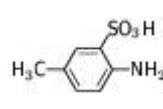
IV



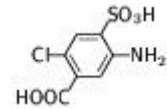
V



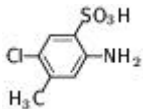
2B-Säure



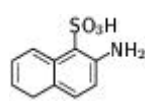
4B-Säure



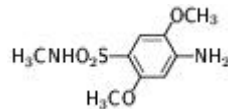
CA-Säure



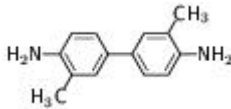
CLT-Säure



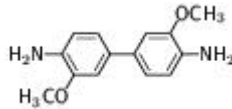
Tobias-Säure



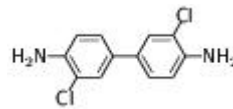
VI



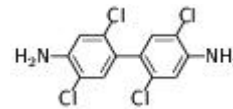
o-Tolidin



o-Dianisidin



3,3'-Dichlor-benzidin



2,2',5,5'-Tetrachlor-benzidin

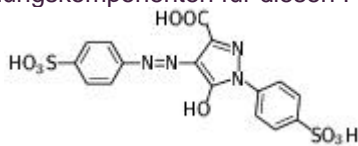
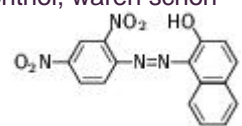
Die Kupplungskomponente

Für den Rest R, der die Kupplungskomponente darstellt, ergeben sich in der industriellen Praxis mehrere Möglichkeiten, die in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt sind.

Kupplungskomponente		
R	Struktur	Industriell wichtiges Beispiel
Arylrest		beta-Naphthole (H, COOH) und (CH ₃ , OCH ₃ , OC ₂ H ₅ , NO ₂ , Cl)
methylenaktive Verbindung		Acetessigsäurearylide , Monoazo-Gelbpigmente
Pyrazolon		1-Aryl-pyrazolone (CH ₃ , COOCH ₃ , COOC ₂ H ₅) (H, CH ₃)

Diazoverbindungen mit einem Arylrest als Kupplungskomponente, zum Beispiel dem beta-Naphthol, waren schon

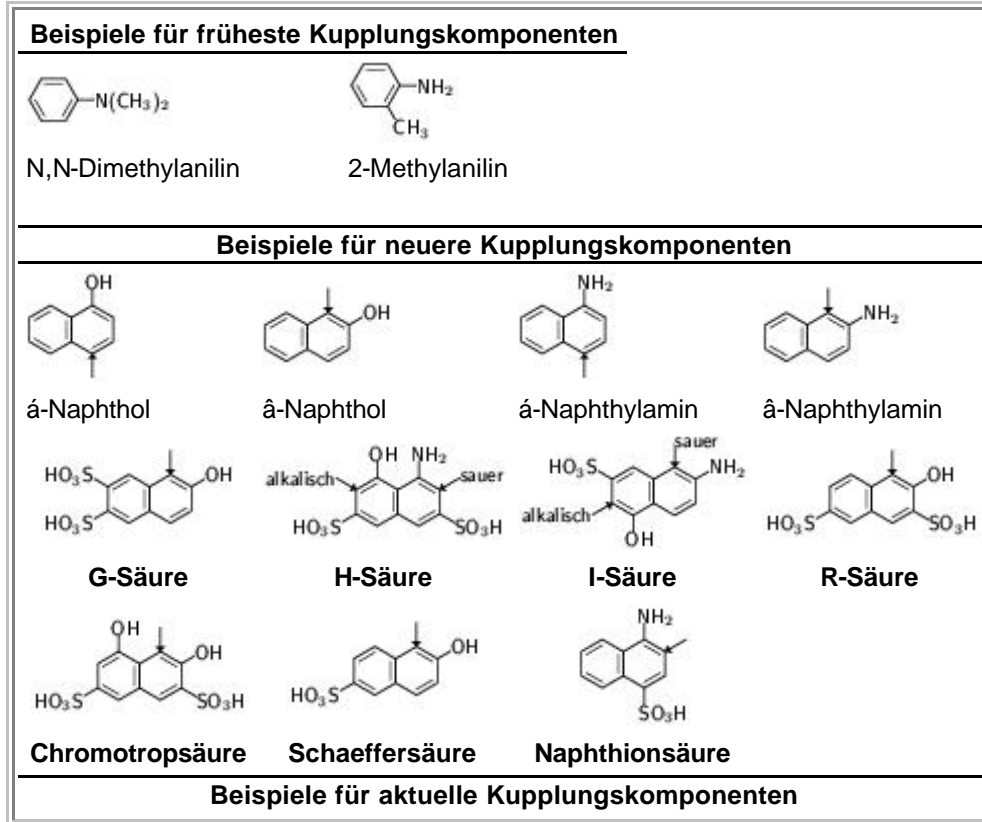
früh bekannt. Nachteilig war jedoch, daß ihr Farbton sich nicht über den des Dinitranilinorange hinaus in den Gelbbereich verschieben ließ. Ebenfalls schon früh wurde jedoch die Beobachtung gemacht, daß 1,3-Dicarbonylverbindungen als Kupplungskomponente zu rein gelben Diazoverbindungen führen und auch Pyrazolone als Kupplungskomponenten für diesen Farbbereich eingesetzt werden können. So wurde bereits 1884 das gelbe



Tartrazin gefunden.

Die folgende Tabelle gibt einen Eindruck über einige früher sowie heutzutage eingesetzte Kupplungskomponenten. Die Pfeile markieren dabei das Atom, an dem das Diazoniumsalz angreift, um die -N=N-Brücke auszubilden. Einige der Kupplungskomponenten können an mehr als einer Stelle angegriffen werden, wobei die Reaktivität der einzelnen Positionen vom pH-Wert abhängig ist.

Im Vergleich zu der Diazokomponente ist bei der Kupplungskomponente die Veränderung über die Geschichte hinweg sehr viel deutlicher zu bemerken. Der erste Abschnitt der Tabelle zeigt einige sehr früh verwendete Kupplungskomponenten, die zu den ersten bekannten Azofarbstoffen führen, aber bereits während der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts von Verbindungen abgelöst wurden, die die geforderten Eigenschaften der Farbstoffe besser erzeugen konnten. Hier sind vor allem die α -Naphthole zu erwähnen, die auch heute noch verwendet werden. Man erkennt an der großen Anzahl ähnlicher α -Naphthol-Kupplungskomponenten deutlich, daß an die Stelle der einfachen Grundkörper die Ergebnisse von systematischen Substitutionsversuchen zur Produktverbesserung getreten sind.

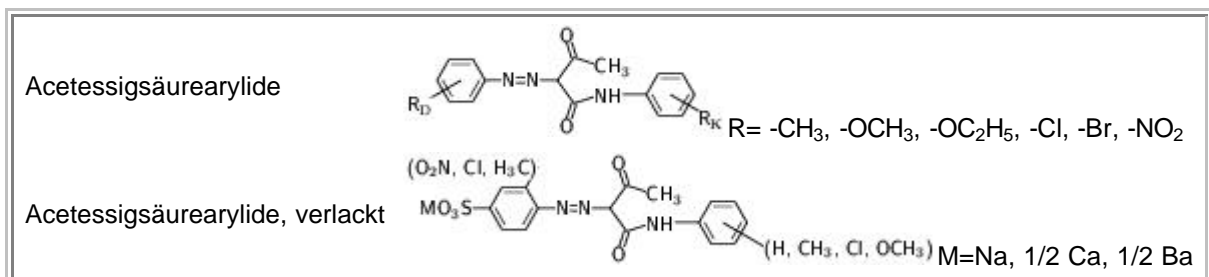


In der nun folgenden Tabelle sind nun einige der heute aktuellen Kupplungskomponenten gezeigt, die neben den α -Naphtholen in Gebrauch sind. Neben Acetessigsäurearyliden für reinere Gelbpigmente treten speziell substituierte beta-Naphthole, deren Löslichkeits- und Migrationseigenschaften durch die Carbonamidgruppe verbessert worden sind.

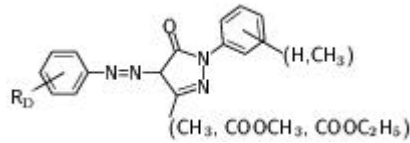
Einteilung der Azofarbstoffe

Diazofarbstoffe, die heute eine Rolle spielen, werden für industrielle Zwecke auf einige Typen zurückgeführt, die im Prinzip durch die Kupplungskomponente vorgegeben ist, da diese gegenüber den eingesetzten Diazokomponenten eine größere Abtrennung gewisser Gruppen erlauben. Die Typen orientieren sich daher stark an den aktuellen Strukturen, die für Kupplungskomponenten verwendet werden. Der Grund für diese Einteilung ist, daß die genannten Gruppen meist eine klare Abgrenzung voneinander erlauben, was ihre Echtheiten und Lösemittelbeständigkeiten angeht. Je nach geplantem Einsatzzweck wird man daher nicht einfach Azofarbstoffe einsetzen, sondern Diarylgelbpigmente suchen oder Benzimidazolpigmente.

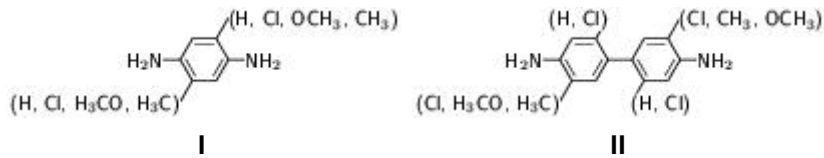
- *Monoazogelbpigmente* weisen als Kupplungskomponente entweder Acetessigsäurearylide oder Pyrazolone auf. Die Acetessigsäurearylid-Pigmente können darüberhinaus mit Metallen verlackt sein:



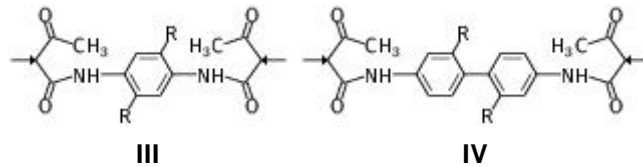
Pyrazolone



- Verlackte Pyrazolone weisen in der Diazo- oder der N-Phenylgruppe der Kupplungskomponente Sulfonsäuregruppen auf, die mit Al verlackt sind.
- Disazopigmente mit zwei Azogruppen. Hierbei beschränkt man sich auf die folgenden beiden bifunktionellen Diazokomponenten. Die sich vom p-Diaminobenzol sich ableitende, einkernige Komponente I wird dabei seltener eingesetzt als die 4,4'-Diamino-diphenyl-Komponente II:



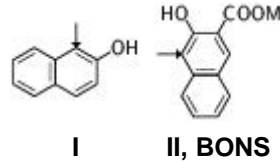
- Für die Kupplungskomponente werden die beiden folgenden Typen eingesetzt, die im Prinzip zwei durch ein beiden Aryliden gemeinsames bifunktionelles Diaminobenzol verbrückte Acetessigsäurearylide darstellen. Die Reste R sind dabei -H, -CH₃, -OCH₃, -Cl für die einkernige Komponente III und -CH₃, -OCH₃, -Cl für die zweikernige Komponente IV.



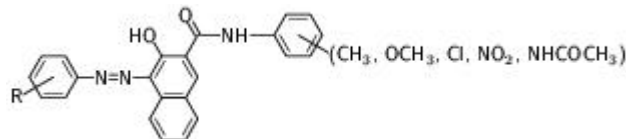
- Durch Kombination der monofunktionellen Diazo- respektive Kupplungskomponenten mit ihren bifunktionellen Varianten können verschiedene Pigmenttypen entstehen. Die in der Praxis bedeutsamen Pigmente bilden folgende Strukturtypen:

Diazokomponente	Kupplungskomponente	Struktur der Pigmentgruppe
Diarylgelbpigmente		
bifunktionell (I, II)	Acetessigsäurearylid	<p>R = -H, -Cl, -CH₃, -OCH₃, -OC₂H₅</p>
Bisazopyrazolonpigmente		
bifunktionell (I, II)	1-Aryl-pyrazolon-5	
Bisacetessigsäurearylidpigmente		
normal monofunktionell	bifunktionell (III, IV)	<p>R = -H, -CH₃, -OCH₃, -Cl, R' = -CH₃, -OCH₃, -OC₂H₅, -Cl, -Br, -NO₂, -COOC₂H₅</p>

- **beta-Naphthol-Pigmente** weisen beta-Naphthol als Kupplungskomponente auf. Ihre allgemeine Struktur entspricht somit Formel I, wobei die Reste R sein können: -H, -Cl, -NO₂, -CH₃, -OCH₃.



- Verlackte beta-Naphthol-Pigmente besitzen eine Sulfonsäuregruppe in der Diazokomponente, die mit Ca, Ba, Mn, Al oder Na unlösliche Salze bildet. Im Vergleich zu den unverlackten beta-Naphthol-Pigmenten weisen sie bessere Lösemittel- und Migrationsechtheit auf, sind jedoch meist nicht so lichtecht. Bei den verlackten Pigmenten sind die roten Farbtöne von Interesse.
- Verlackte beta-Naphthol-Pigmente besitzen häufig das spezielle beta-Naphthol BONS (II, beta-Oxy-naphthoesäure) als Kupplungskomponente. Die zur Verlackung nötige Sulfonsäuregruppe findet sich wiederum in der Diazokomponente, der zweite Rest ist -H, -Cl oder -CH₃.
- Die auf BONS basierenden Pigmente können mit den verlackten beta-Naphthol-Pigmenten verglichen werden, sind diesen jedoch überlegen, was die Licht- und andere Echtheiten betrifft. Sie werden gerne im Druckfarben- und Lackbereich eingesetzt. Sie decken ebenfalls den roten, blautichigeren Farbbereich ab.
- **Naphthol AS-Pigmente** sind wiederum Farbstoffe, die ein beta-Naphthol-Derivat als Kupplungskomponente enthalten. Es handelt sich dabei um ein Arylid der 2-Hydroxy-3-naphthoesäure (AS = Amid einer Säure). Die allgemeine Struktur der Pigmente ist die folgende, wobei der Rest R sein kann -COOCH₃, -CONH-C₆H₅, -SO₂NEt₂:

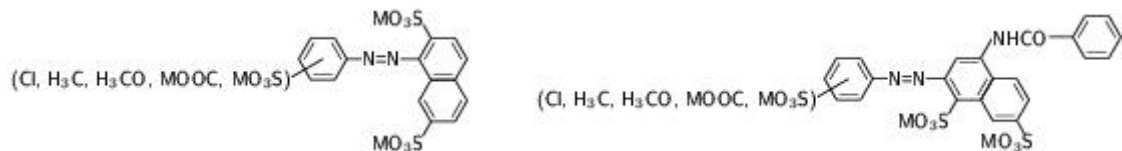


Die entstehenden Pigmente weisen gelbstichig bis blautichige Rottöne auf, die bis zu violett und braun gehen.

Auch die Naphthol AS-Pigmente können verlackt werden. Zur Salzbildung befähigt eine Sulfonsäuregruppe in ortho-Stellung der Diazokomponente, teilweise auch in para-Stellung der Kupplungskomponente. Aus den zunächst hergestellten Na-Salzen werden die unlöslichen Pigmente durch Fällung mit Ca oder Barium gewonnen. Man erhält Pigmente mit roten bis braunstichig-roten Farbtönen.

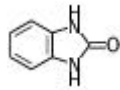
- **Verlackte Naphthalinsulfonsäure-Pigmente**

Die Kupplungskomponente der verlackten Naphthalinsulfonsäure-Pigmente besteht aus Naphthalin, das eine oder zwei Sulfonsäuregruppen trägt. Als Diazokomponente wird meistens ein einfach substituiertes Anilin eingesetzt, das eine weitere Sulfonsäuregruppe, aber auch eine Carboxylgruppe tragen kann. Das Metall M, das zur Verlackung dient, kann Ba, Al oder Na sein. Man findet die folgenden Strukturtypen.

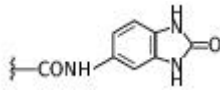


- **Benzimidazol-Pigmente**

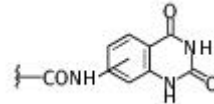
Durch Einführung eines fünf- oder sechsgliedrigen heterozyklischen Restes in einen Azofarbstoff kann, ähnlich wie durch die Carbonamid-Gruppe bei den Naphthol AS-Pigmenten, die Lösemittel- und Migrationsechtheit verbessert werden. In der Praxis wird häufig das Benzimidazol I als Heterozyklus verwendet, der als 5-Aminocarbonylbenzimidazol in der Kupplungskomponente zu finden ist. Weitere Heterozyklen sind Tetrahydro-chinazolin-2,4-dion II und Tetrahydro-chinoxalin-2,3-dion III.



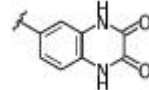
I, Benzimidazolone



I'



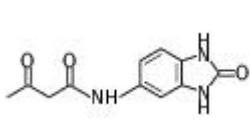
II



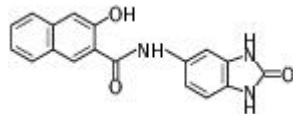
III

Durch die Einführung des Heterozyklus kann eine sehr große Verbesserung der Eigenschaften erzielt werden, besonders den Migrations- und Lösemittellechtheiten, aber auch der Licht- und Wetterechtheit. Pigmente mit höchsten Echtheiten gehören zu dieser Gruppe, die damit auch für den Einsatz unter hohen Anforderungen geeignet ist.

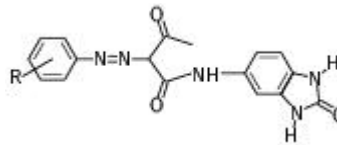
Je nach dem gewünschten Farbton (gelb/orange oder rot/braun) werden hauptsächlich 5-Acetacetylamino-benzimidazolone IV und 5-(2'-Hydroxy-3'-naphthoyl)-aminobenzimidazolone V als Kupplungskomponente eingesetzt, in der gelben/orange respektive der roten/braunen Farbreihe finden sich daher Pigmente der Strukturen VI und VII. Für den Rest R steht in beiden Formeln -Cl, -Br, -CH₃, -NO₂, -OCH₃, -COOH, -COOAlkyl, -CONH(H, C₆H₅), -SO₂NHAlkyl.



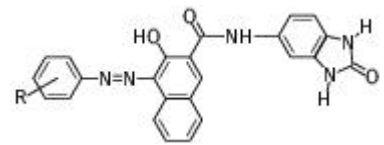
IV



V



VI, gelb/orange



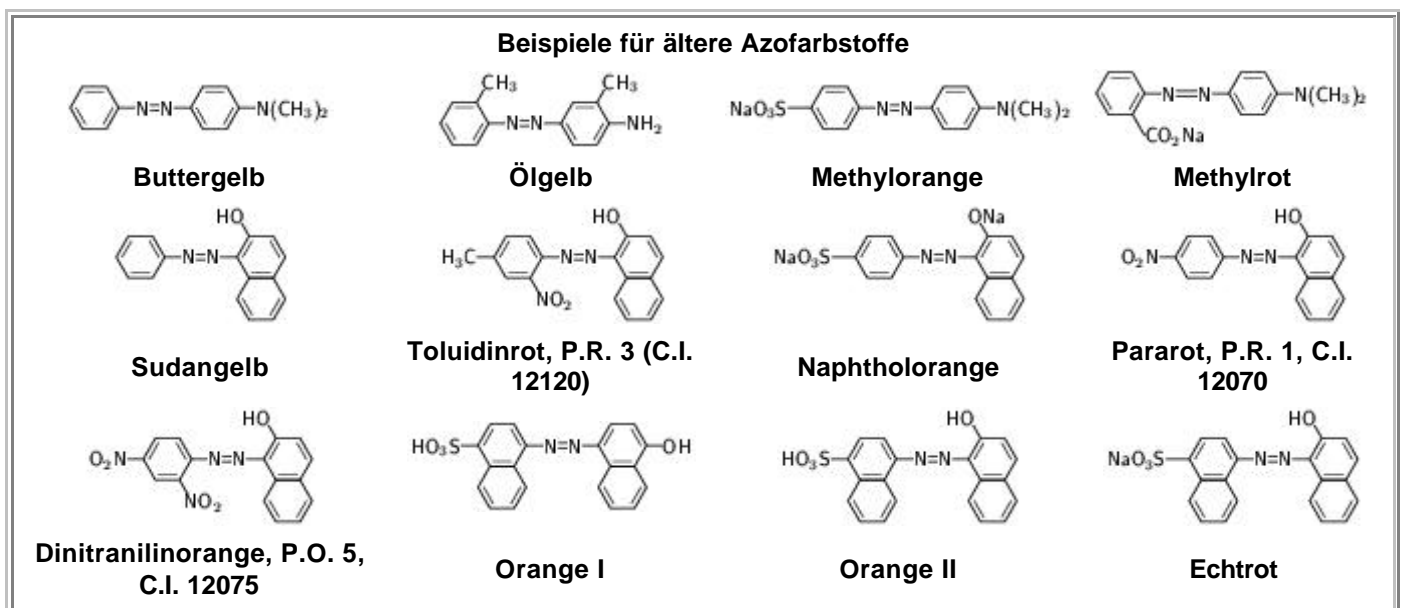
VII, rot/braun

Die Kupplungskomponenten der beiden Pigmenttypen entsprechen damit im Grund den Kupplungskomponenten der Acetessigsäurearylide (Monoazogelbpigmente) und der Naphthol AS-Pigmente.

Beispiel für die entstehenden Azofarbstoffe

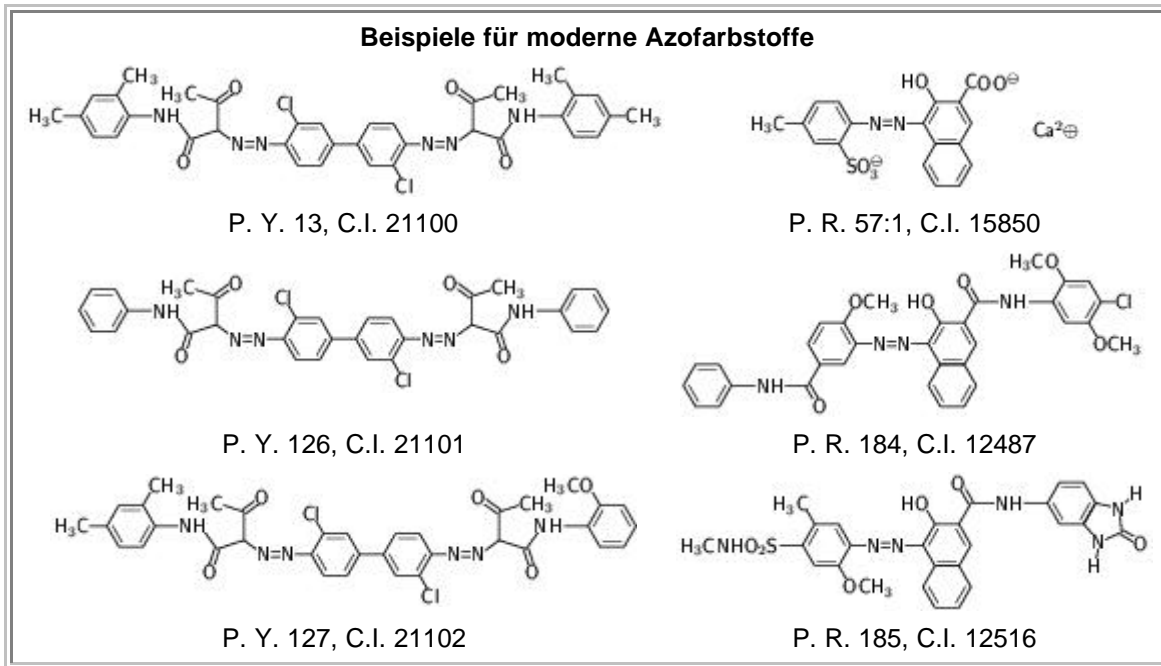
Einige frühe Beispiele für die große Vielfalt der durch Kombination verschiedener Diazoniumsalze und Kupplungskomponenten entstehenden Azofarbstoffe sind in der folgenden Tabelle zu finden. Die erreichbaren Farbtöne schwanken zwischen einem rotstichigen Gelb bis zu dunklerem Rot. Interessant ist, daß selbst ausgedehntere Systeme kaum den Grün- oder Blaubereich erreichen. Auch der reine Gelbbereich ist bei diesem Typus von Azofarbstoffen nur selten vertreten.

Die angeführten Farbstoffe werden heute größtenteils aufgrund ihrer Eigenschaften, die den heutigen Anforderungen nicht mehr genügen, nicht mehr verwendet. Ausnahmen bilden die als pH-Indikatoren verwendeten Farbstoffe Methylorange und Methylrot. Es handelt sich überwiegend um Farbstoffe; durch Verlackung mit einem Metallsalz können die sauren Farbstoffe in eine unlösliche und für Pigmente geeignete Form gebracht werden.



Die folgende Tabelle zeigt einige Farbstoffe, die modernen Pigmenten entsprechen, unter anderem den für den Vierfarbendruck nach europäischer Norm benötigten Grundfarben für Gelb und Magenta. Durch die Struktur des Farbstoffes wurde versucht, die Unlöslichkeit zu erhöhen, um das Farbstoff als Pigment verwenden zu können.

Weiterhin spielen auch viele verlackte Azofarbstoffe als Pigment eine Rolle. Natürlich werden Azofarbmittel auch als Farbstoff eingesetzt, wiewohl die Verwendung als Pigment den größten Anteil besitzt.



Einsatz von Azofarbstoffen

Azofarben werden in großen Mengen als Pigmente verwendet und zu sehr lichtechten und beständigen Malerfarben verarbeitet. Auch in der [Lebensmittelchemie](#) erfreuen sich einige Azofarbstoffe großer Beliebtheit.

Bedeutung der Substituenten

Löslichkeit, Molekülgröße Die Substitutionsmöglichkeit des Grundgerüsts, die einerseits (in Grenzen) den Farbton zu variieren gestattet, ermöglicht andererseits auch die Einführung von sauren oder basischen Gruppen. Mit diesen ist es möglich, die Azofarbmittel nicht nur zu Pigmenten zu verarbeiten, sondern sie auch mit Funktionalitäten auszustatten, die chemisch mit der Faser eines zu färbenden Stoffes reagieren, um sie als [Reaktiv](#) oder [Direktfarbstoff](#) einzusetzen.

Eine weitere wichtige Funktion der Substituenten ist die Einführung von Gruppen, die verbesserte Löslichkeits- und Migrationseigenschaften gewährleisten. Dies kann zum Beispiel durch Sulfonsäuregruppen erreicht werden, die durch Verlackung mit einem Metallsalz zu unlöslichen Farbmitteln führen, obwohl das Farbmittel mit Säuregruppe besser löslich ist. Eine starke Verbesserung der Unlöslichkeit brachte die Einführung von Carbonamid-Gruppen oder von Heterozyklen wie Benimidazolone.

Bedeutung des Molekülbaus

Wichtige Punkte bei der Beurteilung von Farbmitteln sind deren *Löslichkeitseigenschaften*. Gerade für einen geplanten Einsatz als Pigment ist es unbedingt erforderlich, die Löslichkeit des Farbmittels in den in Frage kommenden Lösungsmitteln so weit wie möglich zu verringern. Hierbei sind auch sekundär in Erscheinung tretende Lösungsmittel, wie sie zum Beispiel beim Waschen des Färbeguts oder dessen Einsatz in nassen oder öligen Umgebungen auftreten, zu berücksichtigen.

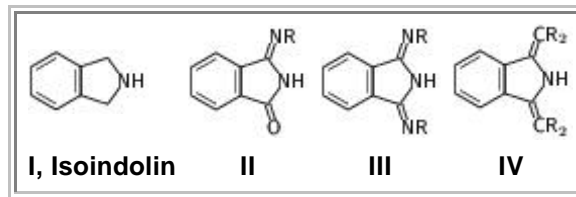
Als organische Verbindungen lösen sich Azofarbmittel mehr oder weniger gut, aber doch deutlich spürbar, in vielen gängigen organischen Lösungsmitteln, teilweise auch in wässriger Umgebung. Aus diesem Grunde konnten viele frühe einfach gebaute Azofarbmittel sich nicht bis heute behaupten und sind vom Markt verschwunden.

Die Löslichkeit von Farbmitteln lässt sich grundsätzlich auf zwei Arten verringern: durch Vergrößerung der Molekülgröße oder durch die Einführung von gegenüber dem Lösungsmitteln inerten Gruppen. Der erste Weg wird bei den Disazo-Verbindungen besprochen, bei dem durch Kupplung über zwei Azobrücken und eines vergrößerten Brückenmoleküls (wie Benzidine gegenüber einkernigen Anilinen) die Molekülgröße nahezu verdoppelt wird.

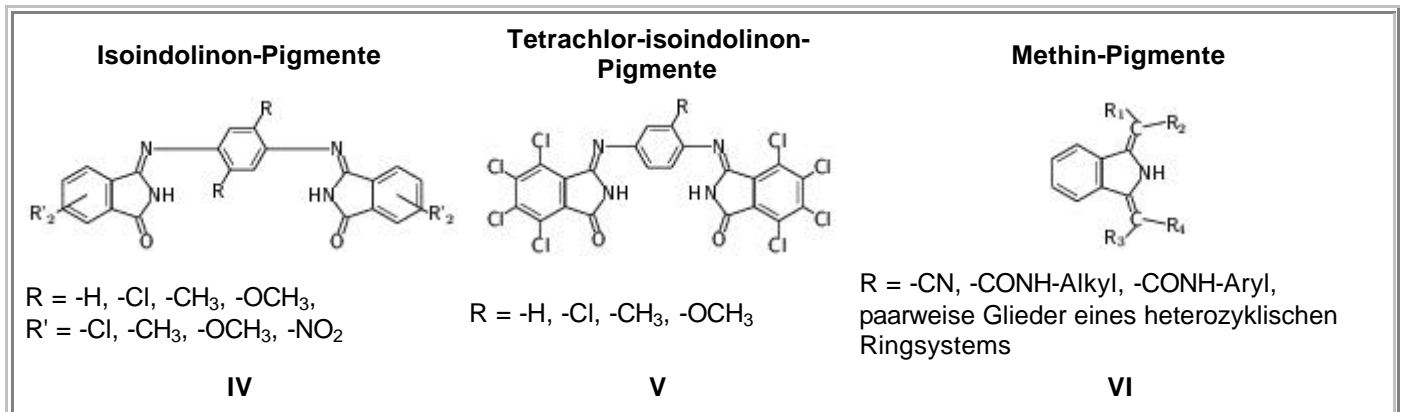
Die zweite Möglichkeit, um die Löslichkeit zu verringern, besteht darin, Gruppen einzubauen, die abstoßend gegenüber dem Lösungsmittel wirken.

Azomethin-, Methin- oder Isoindolin-Pigmente

Die *Isoindolin*-Pigmente leiten sich vom Grundkörper des 1,3-disubstituierten Isoindolins I ab. Je nach Art der Substituenten unterscheidet man *Azomethin*- (II, III) und *Methin*-pigmente (IV). *Azomethine* weisen neben einer Oxo- oder Aminogruppe eine substituierte Aminogruppe auf, wohingegen *Methine* zwei Kohlenstoffsubstituenten besitzen.

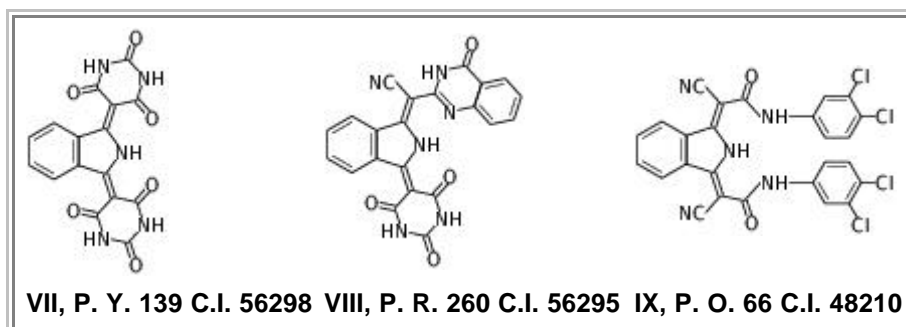


In der Praxis weisen Azomethin-Pigmente eine auf der Formel IV basierende Struktur auf. Die Reste sind $R = -H, -Cl, -CH_3, -OCH_3$ und $R' = -Cl, -CH_3, -OCH_3, -NO_2$. Da sie eine Oxogruppe besitzen, werden sie auch *Isoindolinon-Pigmente* genannt.



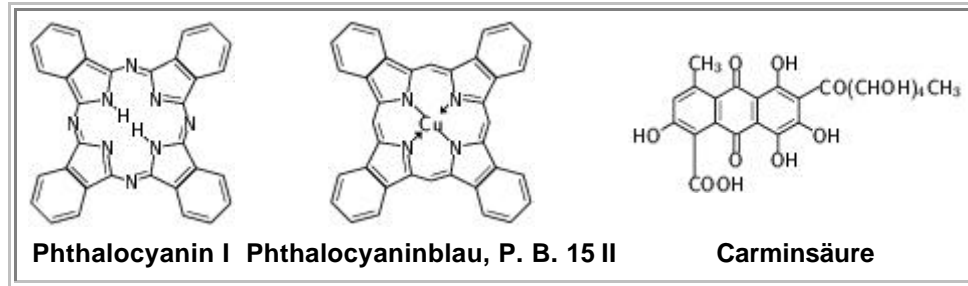
Die Pigmente sind gelb und orange, ihre technische Anwendung ist jedoch begrenzt. Eine bedeutende Weiterentwicklung erfolgte durch die Einführung der Tetrachlor-isoindolinon-Pigmente, die auf der Struktur V basieren. Diese Pigmente weisen eine stark verbesserte Echtheit und Farbstärke auf. Sie besitzen Farbtöne von gelb und rot bis hin zu braun, die wichtigsten sind gelb. Sie weisen sehr gute Migrationsechtheiten auf und sind auch gegenüber Säuren und Laugen sehr stabil, außerdem hitze-, licht- und wetterstabil. Sie sind daher für den Einsatz bei hohen Anforderungen geeignet und zählen zu den hochwertigen Pigmenten.

Die *Methin-Pigmente* leiten sich von der Struktur VI ab, in der die Reste sein können: $-CN, -CONH-Alkyl, -CONH-Aryl$ oder jeweils paarweise Glieder eines heterozyklischen Ringsystems, zum Beispiel das des Trioxo-diazins. Die Pigmente sind gelb, orange, rot oder braun und ebenso migrations-, licht-, wetter- und hitzebeständig wie die Azomethin-Pigmente und sind daher ebenso hochwertige Pigmente. Die Formeln VII bis IX stellen einige konkrete Beispiele für den Methintyp dar.



Phthalocyanin-Pigmente

Die Phthalocyanin-Pigmente leiten sich vom Grundkörper des Phthalocyanins I ab durch Einbau eines zentralen Ions (Cu oder ein anderes Metall) sowie durch Substitution des Phthalocyaninrings. Sie sind gegenüber Säuren, Laugen und Hitze sowie Wetter und Licht außerordentlich beständige Pigmente, die den Blau- und Grünbereich abdecken und zu der mengenmäßig bedeutendsten Gruppe von organischen Pigmenten zählen. Sie werden für hochwertige Lacke und Druckfarben eingesetzt.



In der Praxis treten neben Kupfer noch Nickel und Kobalt als Zentralatome in Pigmenten auf, am meisten wird jedoch Kupfer als Zentralatom eingesetzt.

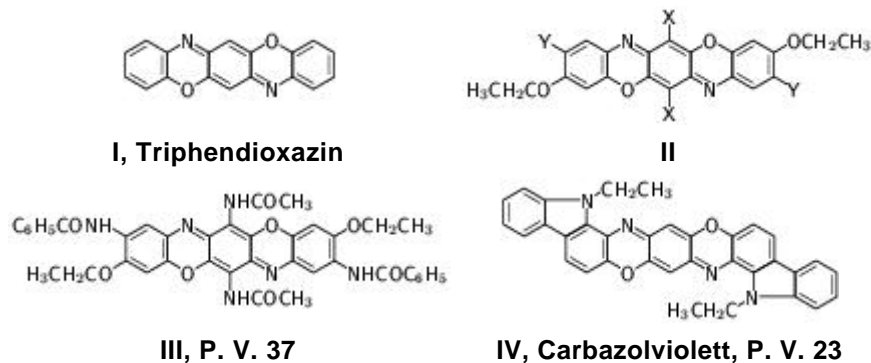
Die Phthalocyaninblau-Pigmente treten in fünf verschiedenen kristallinen Modifikationen in Erscheinung, die sich in der Anordnung der Moleküle im Kristallgitter unterscheiden und auch unterschiedliche Farbtöne aufweisen (grünstichig bis rotstichiges Blau). Für eine praktische Anwendung müssen die blauen Phthalocyanin-Pigmente daher teilweise gegen einen ungewollten Phasenwechsel geschützt werden. Dies kann durch eine geringe Halogenierung des Phthalocyaninrings erfolgen, typischerweise mit 0,5-1 Chloratom beim phasenwechselgeschützten P.Bl.15:1 gegenüber dem unsubstituierten P. B. 15 (II).

Ein weiteres Problem der Phthalocyanin-Pigmente ist ihre Neigung zu Flockung, die durch Einführung von polaren Gruppen vermindert werden kann, zuweilen jedoch auf Kosten der Beständigkeit gegenüber organischen Lösungsmitteln.

Die Substitution des Phthalocyanins wird hauptsächlich mit Chlor und Brom ausgeführt. Die Substitution mit Chlor führt zu den blautichigeren *Phthalocyaningrün-Pigmenten*, während Brom den Farbton der Phthalocyaningrün-Pigmente zu einem gelbstichigeren Grün verschiebt. Insgesamt enthalten die Phthalocyaningrün-Pigmente einen deutlichen Anteil an Halogen gegenüber den Phthalocyaninblau-Pigmenten: beim blautichigen P.Gr. 7 sind dies 14 oder 15 Chloratome, beim gelberen P.Gr. 36 dagegen 2-8 Chloratome und 9-4 Bromatome.

Dioxazin-Pigmente

Die Dioxazinpigmente leiten sich vom Triphendioxazin (I) ab, das bereits orange gefärbt ist. In der technischen Praxis werden als Pigmente Derivate des Triphendioxazins eingesetzt, deren Grundstruktur in Formel II gezeigt ist. Die Reste können sein: X = -Cl, -NHCOCH₃, Y = -NHCOCH₃, -NHCOC₆H₅, ein Beispiel ist das violette P. V. 37 (III). Die Reste können jedoch auch Teil eines Ringsystems sein, wie zum Beispiel im Carbazolviolett IV.



Die Pigmente weisen violette Farbtöne auf und sind sehr licht- und wetterecht. In Kunststoffen neigen sie zum Ausbluten. Sie werden in Lacken, Anstrichfarben, in der Druckindustrie und überhaupt vielfältig eingesetzt.

Entwicklungsfarbstoffe

Zu der Gruppe der **Entwicklungsfarbstoffe** gehören die Farbstoffe, die erst beim Färbvorgang aus im allgemeinen farblosen Vorgängern entstehen. Die entstandenen Farbstoffe sind in Wasser unlöslich und gegenüber diesem Medium als Pigmente anzusehen.

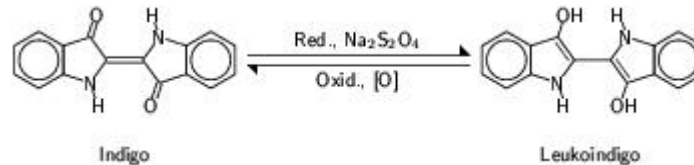
Je nach Art der Reaktion, die zum eigentlichen Farbstoff führt, lassen sich die folgenden Varianten unterscheiden:

- [Küpenfarbstoffe](#)
- [Beizenfarbstoffe](#)
- [Zweikomponentenfarbstoffe](#) (stellen die eigentlichen Entwicklungsfarbstoffe dar).

Der entstandene Farbstoff haftet auf der Faser durch Adsorption, nicht durch eine kovalente Bindung. Die Faser wird mit einem Vorläufer des Farbstoffes oder einem Reagenz, das zur Farbstoffbildung erforderlich ist, getränkt. Durch das Eintauchen der vorbereiteten Faser in eine Lösung einer weiteren Komponente oder eines Reagenzes oder das Einwirkenlassen eines Reagenzes auf die Faser entsteht das Pigment, das in die Faser eingelagert ist

Küpenfarbstoffe sind ein bereits seit alters her bekanntes Beispiel für Farbstoffe, die erst auf der Faser in Form von Pigmenten entstehen. Sie sind in Zwischenräumen des Färbeguts eingelagert und können dementsprechend leicht ausgewaschen werden. Falls das Färbegut keine Zwischenräume aufweist, die das Pigment aufnehmen können, ist eine Färbung nicht oder nur schwer möglich, so können zum Beispiel glatte Nylon- oder Polyethenfasern mit dem typischen Küpenfarbstoff *Indigo* nicht gefärbt werden. Papier kann mit Indigo nur deshalb angefärbt werden, weil das feine Pigmentpulver in die Poren des Papiers eingerieben werden kann.

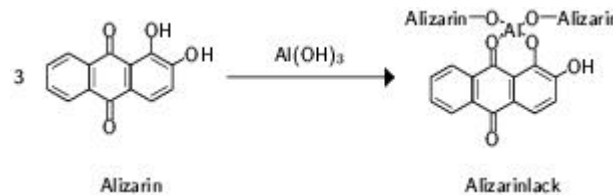
Bei der Jeansfärberei wird der Indigo nicht in den Stoff eingerieben, sondern durch *Verküpen* auf die Fasern aufgezogen. Dieser Vorgang sei hier stellvertretend für alle anderen Küpenfarbstoffe exemplarisch geschildert. Entscheidend für das Verküpen eines Farbstoffes ist ein Gleichgewicht wie das folgende:



Die blaue Form des Farbstoffes, Indigo, steht im Gleichgewicht mit einer farblosen (schwach gelblichen) Form, dem Leukoindigo. Die farblose Leukoform geht durch Oxidation (Sauerstoffzufuhr) in die blaue Form über, dieser kann durch Reduktion in Leukoindigo überführt werden

Auch die **Beizenfarbstoffe** werden erst auf der Faser entwickelt, indem sie einen unlöslichen *Farblack* als Pigment bilden. Das Färbegut wird in der Lösung eines Metallsalzes, zum Beispiel Aluminiumchlorid, eingetaucht und von dieser durchdrungen. Das solchermaßen vorbehandelte Färbegut wird sodann mit der Farbstofflösung versetzt, woraufhin sich der (unlösliche) Farblack auf der Faser bildet.

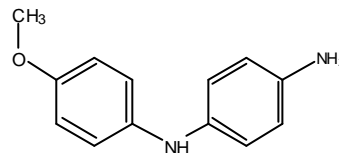
Ein Beispiel für einen Beizenfarbstoff ist das Alizarin, das mit Aluminiumsalzen einen roten Farblack bildet:



Dieser Farblack ist das unlösliche, in den Fasern eingelagerte Pigment.

Die **Zweikomponentenfarbstoffe** stellen die eigentlichen Entwicklungsfarbstoffe dar. Sie sind chemisch betrachtet Azofarbstoffe, wobei die Kupplungskomponente auf der Faser aufgezogen ist. Das heißt, die Faser wird mit der Kupplungskomponente getränkt und hernach in eine kalte Lösung des Diazoniumsalzes getaucht. Der Azofarbstoff bildet sich daraufhin in der Faser.

Als Kupplungskomponente wird häufig **Naphthol AS** (2-Naphthol-3-carbonsäure) eingesetzt. Ein Beispiel für einen Entwicklungsfarbstoff mit dieser Kupplungskomponente ist das *Variaminblau*.



Direktfarbstoffe

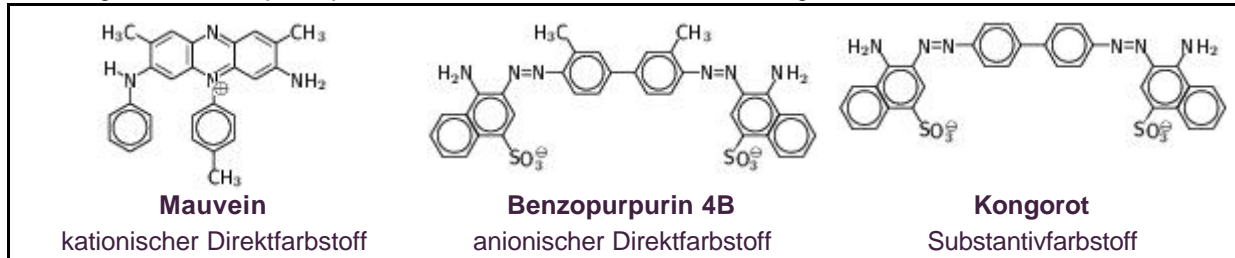
Ein vollkommen anderes Färbprinzip verfolgen die **Direktfarbstoffe**, die chemisch mit der Faser des Färbegutes verbunden sind und sich ohne Hilfe weiterer Chemikalien an die Faser anlagern. Sie sind **wasserlöslich** und weisen funktionelle Gruppen auf, die eine **kovalente Bindung** mit funktionellen Gruppen des Färbegutes ausbilden können. Besonders gut für Direktfarbstoffe geeignet sind daher Fasern aus Wolle und Seide, da diese aus Proteinen bestehen. Proteine weisen zahlreiche saure und basische funktionelle Gruppen auf, die mit einem Farbstoff reagieren können.

Man kann drei Gruppen von Direktfarbstoffen unterscheiden:

- **Kationische Direktfarbstoffe** stellen kationische organische Farbstoffe dar, die mit Halogenid-, Acetat-, Oxalat- oder Sulfatanionen Salze bilden. Sie können Seide, Wolle, Leder, Papier, anionische Polyester- und

Polyacrylfasern färben. Da ihre Lichechtheit meist gering ist, werden sie häufig für Tinten und Stempelfarben verwendet.

- **Anionische Direktfarbstoffe** stellen anionische Farbstoffe dar, die meist ein Grundgerüst auf Azo- oder Anthrachinonbasis enthalten. Sie färben Polyamide, Wolle, Seide, basisch modifizierte Polyacrylnitrile, Papier sowie Leder.
- **Substantive Direktfarbstoffe** sind Farbstoffe, die Zellulose direkt anzufärben vermögen. Sie gehören zur Stoffklasse der Azo- und Anthrachinonfarbstoffe mit hydrophilen Gruppen und haften auf der Faser des Färbegutes durch Dipol-Dipol- oder Van der Waals-Wechselwirkung.



Reaktivfarbstoffe

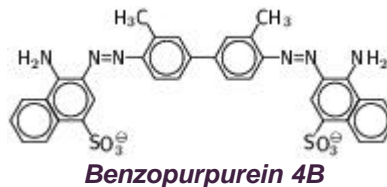
Reaktivfarbstoffe sind Farbstoffe, die eine kovalente Bindung mit den Bestandteilen der Faser des Färbegutes ausbilden. Sie sind somit fest am Färbegut fixiert, entsprechend weisen sie eine sehr hohe Haftung und Waschechtheit auf.

Die Reaktivfarbstoffe weisen einen relativ komplizierten Aufbau auf, da sie neben einem farbgebenden Anteil eine Möglichkeit bieten müssen, mit der Faser zu reagieren sowie zur bequemen Handhabung Lösungen bilden müssen. Ein allgemeines Schema für ihren Aufbau kann folgendes sein:

Lösliche Gruppen – Farbstoff – reaktiver Anker

Für die **löslichen Gruppen** verwendet man häufig Sulfonsäurereste $-SO_3H$. Diese Gruppe ist wichtig, um den Farbstoff in Form einer Färbelösung einsetzen zu können.

Als **farbgebende Gruppe** werden meistens Azofarbstoffe, Anthrachinon- oder Phthalocyaninfarbstoffe verwendet. Ein Beispiel für einen sauren Azofarbstoff, der mit basischen Gruppen des Färbeguts reagiert, ist das *Benzopurpurein 4B*:



Für die **Verankerung auf der Faser** des Farbstoffes auf der Faser werden chlorierte Triazine oder Vinylsulfonsäuren eingesetzt. Der Triazinanker reagiert unter Abspaltung von HCl mit Hydroxylgruppen des Färbegutes und Ausbildung einer Etherbindung, die Vinylsulfonsäuren addieren sich unter Bildung einer C-C-Bindung an das Färbegut: