

Verf

Wat zul je leren?

- De drie hoofdbestanddelen van verf zijn pigment, bindmiddel en verdunningsmiddel
- Wat olieverf precies is en hoe ze droogt
- Welke pigmenten er werden gebruikt
- Hoe olieverf wordt verdund

Samenvatting

In dit hoofdstuk komen de belangrijkste componenten van verf aan bod. Tevens wordt het droogproces kort beschreven. De aandacht gaat vooral naar olieverf. Ook wordt er een kort overzicht gegeven van het pigmentgebruik doorheen de geschiedenis.

Inhoudstafel

1. Inleiding	19
2. Bestanddelen in olieverf	19
3. Lijnolie	22
3.1. Triglyceriden	22
3.2. Droogproces	24
3.3. Productie van lijnolie	24
4. Geschiedenis van het pigmentgebruik	25
4.1. Prehistorie	25
4.2. Oude Egypte	25
4.3. Klassieke periode	26
4.4. Middeleeuwen	26
4.5. Industriële revolutie	26
5. Verdunningsmiddel	31

1. Inleiding ☐☐

In het vorige hoofdstuk hebben we gezien dat een paneelschilderij uit verschillende, op elkaar liggende lagen bestaat en dat de verflaag slechts een onderdeel van het schilderij is. Die verflaag werd slechts summier beschreven. We zagen dat sinds de 15de eeuw tot het midden van de 20ste eeuw olieverf de belangrijkste verfsoort in de Europese schilderkunst was. De kunstenaar maakte deze verf zelf bij gebrek aan een goede bewaarmethode. De verftube werd immers pas tijdens de industriële revolutie (einde 18de eeuw) uitgevonden. Als olieverf eenmaal droog is kan ze niet meer worden opgelost. De schilder kocht zijn pigmenten en lijnolie bij de drogist en mengde deze componenten op een harde platte steen. De belangrijkste taak van zijn leerlingen was het fijnwrijven van de pigmenten. In dit hoofdstuk zullen we dieper ingaan op de belangrijkste bestanddelen die in olieverf voorkomen. Deze worden eerst kort beschreven, dan volgt een gedetailleerde chemische omschrijving.



Het schilderij dat hieronder wordt getoond is het (zelf)portret van een schilder. Welke schildersmaterialen vind je in dit werk terug?



Afbeelding 6: Zelfportret van een schilder uit de 17^{de} eeuw

2. Bestanddelen in olieverf ☐☐

De meeste verven bestaan uit drie bestanddelen: de gekleurde pigmentkorrels, het bindmiddel dat deze deeltjes samenhoudt en een verdunningsmiddel. Het **bindmiddel** is een vloeistof die de pigmentkorrels aan elkaar en op de drager laat kleven. Nadat de verf is aangebracht droogt het bindmiddel en vormt het een harde film. In de volgende tabel worden enkele verfsoorten opgesomd. Elke soort heeft een ander bindmiddel.

Verfsoort	Bindmiddel in de verf	Verdunningsmiddel
Tempera	emulsie, bijvoorbeeld eigeel van een kippenei	Water
Olieverf	Olie, geperst uit rijpe vlaszaden; deze olie wordt ook lijnolie genoemd	Terpentijn White spirit
Aquarel	Arabische gom, een stroperige vloeistof die uit een Noord-Afrikaanse boom (<i>Acacia Arabica</i>) vloeit wanneer de bast beschadigd wordt	Water
Plakkaatverf	Dextrine, zetmeeloplossing die verhit wordt zodat het polymeer ook in koud water oplost	Water
Acryl	Synthetisch polymeer	Water
Latex	Synthetisch polymeer	Water

Verf krijgt zijn kleur door pigmenten. Een **pigment** is een poeder dat uit kleine, onoplosbare, sterk gekleurde korrels bestaat. Het bepaalt eveneens de transparantie van de verf. Het bindmiddel treedt op als smeermiddel waardoor de korrels makkelijk over elkaar kunnen glijden. Het zijn de pigmentkorrels die het bindmiddel omvormen tot een pasta. **Verf** is dus een pasta die na droging een vaste, gekleurde film vormt. De droge film is in het begin elastisch maar wordt met verloop van tijd hard en bros.

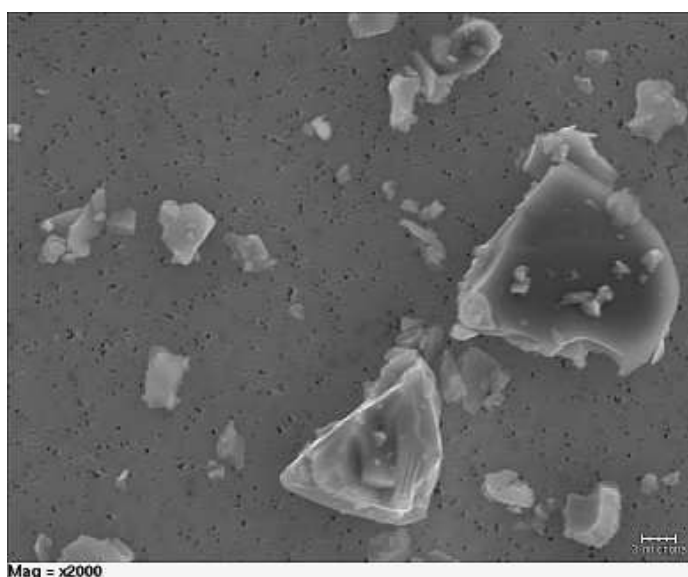
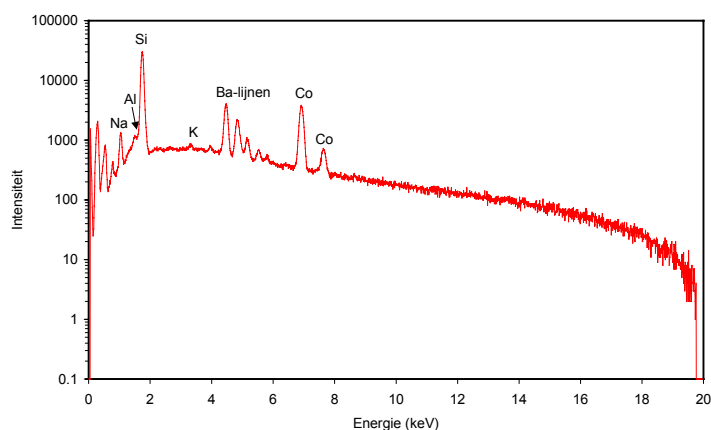


Foto van enkele blauwe smaltkorrels opgenomen met een elektronenmicroscop. Uit deze foto blijkt dat een pigmentpoeder kleine en grote korrels kan bevatten.

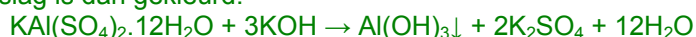


Het 17de eeuwse smalt is een kaliumrijk glas dat kobalt bevat: $\text{SiO}_2\text{-K}_2\text{O-CaO-CoO}$. Deze smaltkorrels zijn een moderne imitatie: $\text{Na}_2\text{O-SiO}_2\text{-BaO-CoO}$. Meer informatie over pigmenten vind je in paragraaf 4.

Kleurstoffen kunnen als dusdanig niet in een verf worden verwerkt. Een **kleurstof** is net als een pigment een intens gekleurde stof, maar de moleculen of metaalionen waaruit de kleurstof bestaat lossen op in het verdunningsmiddel/bindmiddel. De kleurstof is niet in staat om van het bindmiddel een pasta te maken. Dat kan wel door een kleurstof op een wit poeder af te zetten zodat je een gekleurd pigment verkrijgt dat in olieverf kan worden verwerkt. Een dergelijk pigment noemen we een **lak**.

Intermezzo: maken van een lak

Aluin is een wateroplosbaar zout, maar in basisch milieu slaat Al^{3+} als $\text{Al}(\text{OH})_3$ neer. Zo vormt zich een witte neerslag op de bodem van de beker. Wanneer de neerslag in een gekleurde oplossing wordt gevormd, dan zal de kleurstof zich aan het oppervlak van de deeltjes hechten: de neerslag is dan gekleurd.



De laatste belangrijke component in olieverf is het verdunningsmiddel. Het **verdunningsmiddel** verdunt de vaak te dikke of pasteuze verf tot een goed uitstrijkbaar pasta. Dit product is steeds een vluchtige vloeistof en verdampt voordat het bindmiddel uithardt.

Tijdens het fijnwrijven van pigmenten met wat lijnolie wordt het pigmentoppervlak met een dunne oliefilm bedekt en worden de leemtes tussen de korrels opgevuld. Een optimale pigment/olie verhouding resulteert in een sterk gekleurde pasta. Een tekort aan olie geeft een mengsel waar niet alle korrels aan elkaar kleven. De verf is dan niet goed uitstrijkbaar. Na droging krijg je dan een verflaag die makkelijk afpoedert en die een mat uiterlijk heeft. Bij een grotere oliehoeveelheid wordt de verf vloeibaarder maar daalt ook de kleurintensiteit. Sommige pigmenten zijn zodanig intens en absorberen zoveel licht dat we ze als zwart waarnemen. Wanneer we een dergelijk pigment met olie verdunnen, zal de ware kleur tevoorschijn komen. Vooral donkere pigmenten zoals ultramarijn kunnen dit fenomeen vertonen.

Soms voegt men aan de verf onoplosbare, kleurloze of bijna kleurloze poeders toe om de verf meer volume te geven. Dit maakt de verf goedkoper zonder dat de kleur er te veel onder lijdt. Studieverf is goedkoper dan professionele olieverf omwille van deze versnijding.

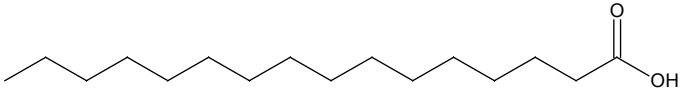
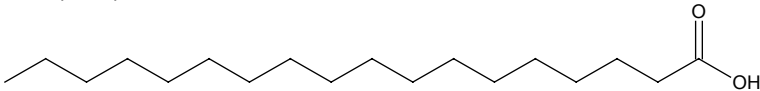
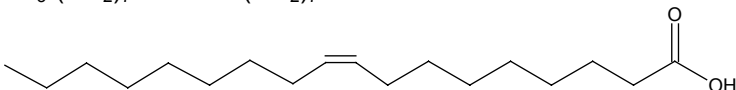
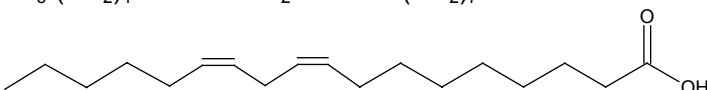
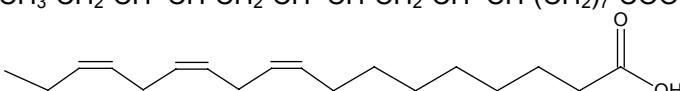
Niet elke pigmentsoort heeft evenveel olie nodig om een gekleurde pasta te vormen. Er zijn pigmenten die meer olie vereisen dan andere: **vette olieverf** bevat meer olie dan **magere olieverf**. Een magere olieverf heeft weinig olie nodig om de mantels rondom de korrels op te bouwen. Dergelijke verven bevatten pigmenten met grote pigmentkorrels of pigmenten die met vetzuren reageren. Een vette olieverf bevat zeer fijne pigmentkorrels en heeft veel olie nodig om de mantels op te bouwen omdat de totale te bedekken oppervlakte per gram pigmentpoeder zeer hoog ligt. Tegenwoordig bevatten alle olieverven een zelfde pigment/olie verhouding, maar wordt de smeugheid gelijk getrokken door meer of minder **bijenwas** of andere toevoegsels met de verf te mengen.

3. Lijnolie ☒

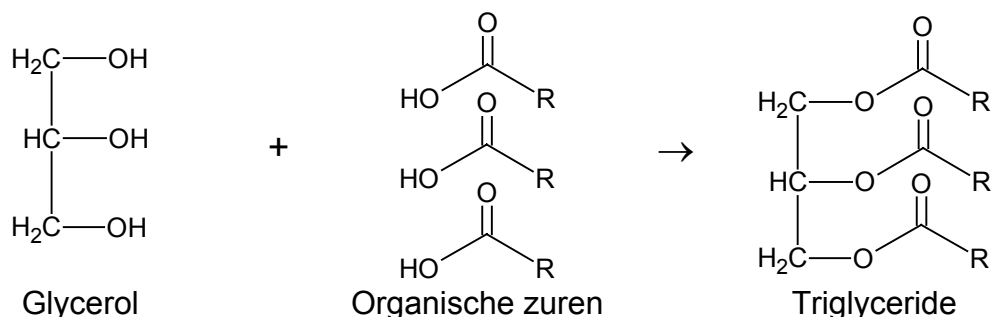
De belangrijkste bestanddelen van olieverf zijn de pigmenten en een olie: de meest gebruikte oliesoort is **lijnolie**. De pigmenten zullen in de volgende paragraaf worden toegelicht. In deze paragraaf zullen we dieper ingaan op het begrip triglyceride, de samenstelling van een aantal oliesoorten en het droogproces van lijnolie. Ten slotte zullen er enkele bewerkingen van lijnolie kort worden omschreven.

3.1. Triglyceriden

Oliën en vetten bestaan voornamelijk uit een mengsel van triglyceriden. Een triglyceride is een ester van glycerol met drie organische zuren. Deze organische zuren hebben de zure groep $-\text{COOH}$ als kop en een lange alkaanstaart. Dergelijke zuren, ook wel **vetzuren** genoemd, bevatten gewoonlijk een even aantal koolstofatomen (12 of meer). De staart heeft een variabele lengte. We onderscheiden twee soorten vetzuren: (1) **verzadigde vetzuren** of vetzuren die geen dubbele bindingen bevatten en (2) **onverzadigde vetzuren** of vetzuren die wel dubbele bindingen ($-\text{CH}=\text{CH}-$) bevatten. In de door planten en dieren gesynthetiseerde onverzadigde vetzuren komen doorgaans cis-configuraties voor. Als gevolg van deze configuratie, zullen meervoudige onverzadigde vetzuren een 'kromme' structuur bezitten. De meest voorkomende vetzuren in oliën en vetten worden in onderstaande tabel samengevat. De verkorte notatie voor vetzuren bestaat uit de hoofdletter C, het totaal aantal koolstofatomen, gevolgd door een dubbele punt en het aantal dubbele bindingen. Palmitine-zuur wordt dus ook als C16:0 of kortweg 16:0 aangeduid.

Naam vetzuur	Structuurformule
Palmitinezuur 16:0	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{14}-\text{COOH}$ 
Stearinezuur 18:0	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{16}-\text{COOH}$ 
Oliezuur 18:1	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_7-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$ 
Linolzuur 18:2	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_4-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$ 
Linoleenzuur 18:3	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$ 

Het onderscheid tussen oliën en vetten is niet principieel en heeft uitsluitend te maken met het smeltpunt. Doorgaans spreekt men van een olie als deze bij de in het land van herkomst heersende temperatuur vloeibaar is. Vetten bevinden zich bij dergelijke temperaturen in een vaste toestand. Zowel oliën als vetten bestaan uit een mengsel van triglyceriden. De algemene structuurformule van een triglyceride wordt hieronder voorgesteld. In deze structuurformule werden de staarten van de vetzuren vervangen door de letter R. Oliën en vetten bevatten meerdere soorten vetzuren. Bovendien kunnen de drie staarten van een triglyceride van elkaar verschillen.



Omdat met een beperkt aantal vetzuren reeds een groot aantal triglyceriden kunnen worden gevormd (zie intermezzo), is het makkelijker om de samenstelling van een olie aan de hand van de vetzuursamenstelling te beschrijven. In onderstaande tabel wordt de vetzuursamenstelling van enkele oliën samengevat.

	Palmitine- zuur 16:0	Stearine- zuur 18:0	Oliezuur 18:1	Linolzuur 18:2	Linoleen- zuur 18:3
Lijnzaad	6-7	3-6	14-24	14-19	48-60
Papaverzaad	10	2	11	72	5
Walnoot	3-7	0.5-3	9-30	57-76	2-16
Hennepzaad	6-7	2-3	12-17	55-65	14-20
Olijven	8-18	2-5	56-82	4-19	0.3-1
Zonnebloempit	5-6	4-6	17-51	38-74	-

Intermezzo: aantal soorten triglyceriden

Stel dat een olie slechts drie vetzuren bevat die aan het glycerol zijn gebonden: A, B en C. Dan kunnen we theoretisch gezien 10 verschillende soorten triglyceriden vormen, waarvan elke soort uit verschillende isomeren bestaat:

- AAA, BBB, CCC met telkens 1 isomeer
- AAB, AAC, ABB, ACC, BBC met telkens 3 isomeren. De moleculen AAB en BAA zijn niet identiek maar elkaars spiegelbeeld!
- ABC met 6 isomeren

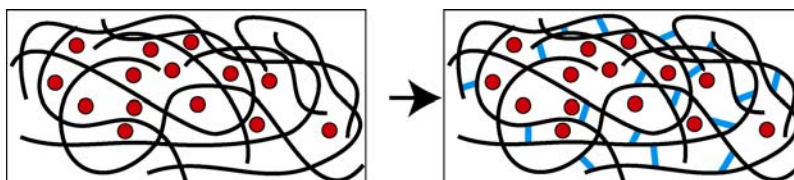
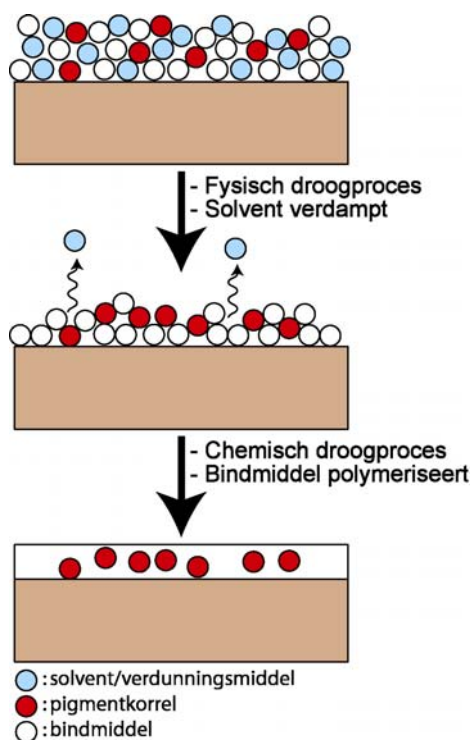
Met drie vetzuren kunnen we dus 27 verschillende triglyceridemoleculen vormen die we in 10 afzonderlijke soorten kunnen onderverdelen. Indien een olie n vetzuren bevat, dan kan men hieruit n^3 verschillende soorten vormen; het totaal aantal isomeren is gelijk aan $(n^3+3n^2+2n)/6$.

3.2. Droogproces

Van alle drogende oliesoorten, droogt lijnolie het snelst. Toch duurt het een tweetal weken voordat een olieverflaag droog is. Warmte, lichtintensiteit, vochtigheidsgraad, de aanwezigheid van siccatieven of bepaalde pigmenten bepalen de uiteindelijke droogsnelheid van olieverf. Olieverf met pigmenten zoals loodwit, kobaltblauw of omber drogen sneller dan olieverf met zinkwit of titaanwit. Het droogproces verloopt via twee processen:

Fysisch droogproces: wanneer het verdunningsmiddel verdampt, zakt het volume van het overblijvende product en komen de ketens steeds dicht bij elkaar. Op een gegeven moment bevinden de ketens zich zo dicht bij elkaar, dat ze via **vanderwaalskrachten** elkaar aantrekken. Hierdoor ontstaat een harde film.

Chemisch droogproces: de staart van de vetzuren in lijnolie bevat dubbele bindingen die onder invloed van licht met zuurstof uit de lucht reageren. De zuurstof vormt bruggen tussen de verschillende ketens zodat deze een compact geheel vormen. De **vernetting** heeft een progressieve verharding tot gevolg. Door de zuurstofopname neemt de verffilm in gewicht en in volume toe. Tijdens dit proces vormen de tryglyceriden één reuzenmolecule, ook wel macromolecule genoemd.



Door de vernetting vormen de macromoleculen een vaste stof

3.3. Productie van lijnolie

De vlasplant (*linum usitatissimum*) wordt in bijna heel Europa gecultiveerd. Lijnolie wordt gewonnen door de rijpe vlaszaden, ook wel lijnzaad genoemd, te persen. De vlasplant wordt ook gebruikt om linnen garens te maken.


Tegenwoordig wordt de olie met benzine uit de zaden geëxtraheerd. Deze methode levert meer olie op dan de oude perstechnieken, maar hierdoor bevat de olie ook meer onzuiverheden. Zo dienen alle zwevende deeltjes via filtratie uit de ruwe olie te worden verwijderd. Daarna wordt het wateroplosbare slijm van de olie gescheiden. Dit wordt gedaan door wat extra water en een beetje steenkool aan de olie toe te voegen en tot 270°C te verwarmen.

Lijnolie heeft de eigenschap dat ze traag droogt. Daarom verkoopt men in de handel lijnolie waarvan het droogproces al is begonnen. Met deze lijnolie heeft men een bindmiddel dat sneller zal drogen en dus gebruiksvriendelijk is.

4. Geschiedenis van het pigmentgebruik

4.1. Prehistorie


Het pigmentgebruik is vanaf de eerste grottschilderingen tot nu grondig geëvolueerd. De pigmenten die in de prehistorie werden gebruikt, zijn min of meer kant en klaar in de natuur te vinden. In grottschilderingen vinden we voornamelijk gelige tot roodachtige aardepigmenten, zwart gekleurde mangaanoxides en/of roet en het wit gekleurde krijt. Al in de prehistorie werden grondstoffen fijngemalen en verhit om pigmenten met de juiste eigenschappen te verkrijgen. Door verhitting kon men de kleur van aardepigmenten aanpassen. Van alle pigmenten zijn de aardepigmenten het gemakkelijkst in de natuur te vinden.

 De oudste nog bestaande schilderijen werden door de prehistorische mens in grotten gemaakt. Zoek op het internet wanneer de oudste grottschilderingen werden gemaakt en welke pigmenten er toen zoal werden gebruikt. Gebruik niet alleen Nederlandstalige sleutelwoorden, maar ook Engels- of Franstalige sleutelwoorden zoals cave – painting – Chauvet – Lascaux

4.2. Oude Egypte

In het Oude Egypte werd het bestaande kleurenpalet uitgebreid met minerale pigmenten. Zo werden mineralen als het rode cinnaber (HgS), het oranje realgar (AsS), het gele orpiment (As_2S_3), het blauwe azuriet ($2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$) en het groene malachiet ($\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$) voor het eerst gebruikt. Dit zijn kristallijne, vrij zuivere producten die in de natuur in kleine hoeveelheden voorkomen. Er werden toen ook pigmenten gesynthetiseerd via onderstaande reacties:

- Corrosiereacties: loodwit ($2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$) en verdigris ($\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot n\text{Cu}(\text{OH})_2$) werden geproduceerd door respectievelijk lood en kopermetaal boven azijnzuurdampen te houden;
- Verhitting: Egyptisch blauw is een blauw gekleurd glasachtig materiaal dat een grote hoeveelheid pigment bevat. Het is één van de weinige pigmenten dat later in onbruik is geraakt. Het geel gekleurde loodantimonaat wordt gesynthetiseerd door loodoxide (PbO) samen met antimoonoxide (Sb_2O_3) te verhitten.
- Neerslagreacties: Door aluin in oplossing met een base te mengen ontstaat er een neerslag. De vaste stof die zo wordt gevormd absorbeert de kleurstoffen uit meekrapwortels (rood) en uit indigo (het jeansbroekenblauw).

 Verzamel 5 afbeeldingen van Egyptische muurschilderingen. Welke kleuren vind je zoal terug? Welke pigmenten kan je met welke kleur associëren?

4.3. Klassieke periode

Tijdens de Griekse en Romeinse periode, de zogenaamde klassieke periode, werden alle pigmenten gebruikt die ook de Egyptenaren kenden behalve het in onbruik geraakte Egyptisch blauw en het gele loodantimonaat. Een pigment dat in die periode zijn intrede doet, is het oranje gekleurde loodmenie (Pb_3O_4), evenals bruine bister en lampzwart. Deze laatste twee pigmenten werden verkregen door het verbranden van harsrijk hout. Het gamma aan lakken nam in die tijd ook toe: drakenbloed, het gele wouw, het rode kermes en het paarse Tyrisch purper. Meer uitleg over deze kleurstoffen en lakken is in de onderstaande tabellen samengevat.

4.4. Middeleeuwen

Na de klassieke periode bleef het palet vrijwel constant, tot in de middeleeuwen tussen 1200 en 1350 nieuwe en verbeterde pigmenten werden geïntroduceerd: loodtingeel (PbSnO_3), het oranje-rode synthetische vermiljoen (HgS) en het blauwe natuurlijke ultramarijn. Loodtingeel en vermiljoen werden verkregen door een chemische reactie; ultramarijn door een zuivering van een mineraal. Tijdens de middeleeuwen waren er twee belangrijke blauwe minerale pigmenten voorhanden: azuriet en ultramarijn. Dit laatste werd uit lapis lazuli geëxtraheerd, een mineraal dat helemaal uit Afghanistan werd ingevoerd. Ultramarijn is een typisch middeleeuws pigment. Bijkomende organische pigmenten waren het gele saffraan en het rode brazilhout.



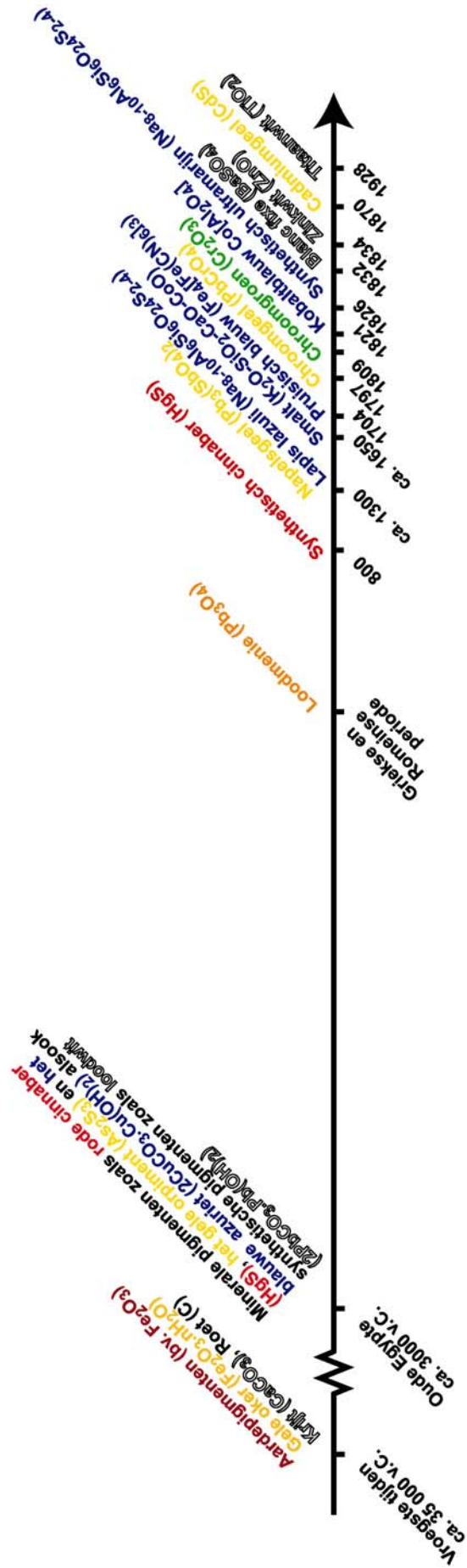
Na de 14de eeuw bleef het palet weer een tijdlang onveranderd, totdat het Pruisisch blauw in 1704 werd ontdekt. Nadien volgde een hele reeks synthetische, anorganische pigmenten zoals het donkerblauwe smalt (een glas rijk aan CoO) en zinkwit (ZnO). Nieuwe organische pigmenten zijn het gele gamboge en de bruine pigmenten op basis van bruinkool, teer of zelfs van mummies.

? Een van de oudste draagbare schilderijen zijn Romeinse mummieportretten, ook wel Fayomportretten (of Fayumportretten) genoemd. Deze portretten werden van de eerste tot de vierde eeuw na Christus tussen de windsels van mummies gestoken. Welke kleuren vind je in deze werken zoal terug? Wat was de waarschijnlijke functie van zo'n portret?

4.5. Industriële revolutie

Tijdens de 19de eeuw werden veel nieuwe pigmenten in de schilderkunst geïntroduceerd, zoals chroomgeel en cadmiumpigmenten. Tegenwoordig worden de **toxische** pigmenten op basis van lood, cadmium of arseen vervangen door minder toxische organische pigmenten. In onderstaande lijst wordt een overzicht gegeven van de belangrijkste anorganische pigmenten. Ze zijn per kleur chronologisch gerangschikt. Het zijn echter vooral de synthetische kleurstoffen die tijdens de 19de eeuw en voornamelijk in de 20ste eeuw explosief groeien.

Enkele belangrijke anorganische pigmenten in de tijd



Witte pigmenten

Chemische naam	Formule	Naam gebruikt door kunstenaars	Eerste gebruik
Calciumcarbonaat	CaCO_3	Krijt	Vroegste tijden
Loodcarbonaat	$2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb(OH)}_2$	Loodwit, cremserwit	Oude Egypte
Bariumsulfaat (mineraal)	BaSO_4	Bariet, Blanc fixe	1782
Bismuthnitraat	$\text{Bi(NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	Bismuthwit, Bougivalwit	19de eeuw
Bariumsulfaat (synthetisch)	BaSO_4	Blanc fixe	1832
Zinkoxide	ZnO	Zinkwit	1834
Zinksulfide + Bariumsulfaat	$\text{ZnS} + \text{BaSO}_4$	Lithopoon	1874
Antimoonoxide	Sb_2O_3	Antimoonwit	1920
Titaniumdioxide	TiO_2	Titaanwit	1928

Zwarte pigmenten

Chemische naam	Formule	Naam gebruikt door kunstenaars	Eerste gebruik
Roet	C	Lampenzwart	Vroegste tijden
Koolstof + apatiet	$\text{C} + \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	Beenderzwart	Vroegste tijden
Mangaanoxide	Mn_3O_4	Marszwart	Vroegste tijden
Magnetiet	Fe_3O_4	Marszwart	Vroegste tijden

Gele pigmenten

Chemische naam	Formule	Naam gebruikt door kunstenaars	Eerste gebruik
Limoniet, ijzerhydroxyde	$\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	Gele oker	Vroegste tijden
Arseen(III)sulfide	As_2S_3	Orpiment	Oude Egypte
Loodoxide	PbO	Massicot	Oude Egypte
Loodstannaat	$\text{Pb}_2\text{SnO}_4 \cdot \text{PbSn}_2\text{SiO}_7$	Lood-tingeel	1300-1700
Loodantimonaat	$\text{Pb(SbO}_3)_2 - \text{Pb}_3(\text{SbO}_4)_2$	Napelsgeel	voor 400 na 1600
Loodoxychloride	$\text{PbCl}_2 \cdot 7\text{PbO}$	Turner's geel	1781
Loodchromaat	PbCrO_4	Chroomgeel	1797
Bariumchromaat	BaCrO_4	Citroengeel	1830
Strontiumchromaat	SrCrO_4	Citroengeel	1830
Cadmiunsulfide	CdS	Cadmiumgeel	1840
Kobalt-kaliumnietriet	$\text{K}_3[\text{Co(NO}_2)_6] \cdot 1,5\text{H}_2\text{O}$	Kobaltgeel	1852

Oranje en rode pigmenten

Chemische naam	Formule	Naam gebruikt door kunstenaars	Eerste gebruik
Ijzer(III)oxide	Fe_2O_3	Rode oker	Vroegste tijden
Arseen(II)sulfide	AsS	Realgar	Oude Egypte
Lood(II)oxide	PbO	Litharge	Oude Egypte
Kwik(II)sulfide (mineraal)	HgS	Cinnaber	Oude Egypte
Lood(III,IV)oxide	Pb_3O_4	Loodmenie	Klassieke tijden
Kwik(II)sulfide (synthetisch)	HgS	Vermiljoen	800
Loodchromaat	$\text{Pb(OH)}_2 \cdot \text{PbCrO}_4$	Chroomrood	1797
Cadmiumselenide	CdSe	Cadmiumrood	1817

Blauwe pigmenten

Chemische naam	Formule	Naam gebruikt door kunstenaars	Eerste gebruik
Kopersilicaat	$\text{CaO} \cdot \text{CuO} \cdot 4\text{SiO}_2$	Egyptisch blauw	3000 v.C. - 700
Azuriet (mineraal)	$2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$	Azuriet	Oude Egypte
Lapis lazuli (mineraal)	$\text{Na}_{8-10}\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}\text{S}_{2-4}$	Ultramarijn	14-15de eeuw
Azuriet (synthetisch)	$2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$	Verditer	17de eeuw
glas rijk aan CoO	$\text{K}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{CaO} \cdot \text{CoO}$	Smalt	Ca. 1650
Ijzerferrocyaan	$\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$	Pruisisch blauw	1704
Kobaltaluminaat	$\text{Co}[\text{Al}_2\text{O}_4]$	Kobaltblauw	1821
Lapis lazuli (synthetisch)	$\text{Na}_{8-10}\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}\text{S}_{2-4}$	Ultramarijn	1826
Kobaltstanaat	$\text{CoO} \cdot n\text{SnO}_2$	Ceruleum blauw	1860
Kobaltfosfaat	$\text{Co}_3(\text{PO}_4)_2$	Kobaltviolet	1859
Bariummanganaat	$\text{BaMnO}_4 - \text{BaSO}_4$	Mangaanblauw	1920

Groene pigmenten

Chemische naam	Formule	Naam gebruikt door kunstenaars	Eerste gebruik
Groene aarde	Mg-Al-K-Fe silicaat	Groene aarde	Vroegste tijden
Koperacetaat	$\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot n\text{Cu}(\text{OH})_2$	Verdigris	Oude Egypte
Malachiet	$\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$		Oude Egypte
Kobaltzinkaas	$\text{CoO} \cdot n\text{ZnO}$	Kobaltgroen	1780 – 1919
Chroomoxide	Cr_2O_3	Chroomgroen	1809
Koperarsenaat	$\text{Cu}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2 \cdot 3\text{Cu}(\text{AsO}_2)_2$	Schweinfurter Grün	1814
Chroomhydroxide	$\text{Cr}_2\text{O}(\text{OH})_4$	Viridiaangroen	1859

Bruine pigmenten




Chemische naam	Formule	Naam gebruikt door kunstenaars	Eerste gebruik
Ijzer(III)oxide	Fe_2O_3	Rode oker	Vroegste tijden
Ijzer, mangaan-hydroxide	$\text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{MnO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	Natuurlijke omber	Vroegste tijden
Ijzer, mangaan-oxide	$\text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{MnO}_2$	Gebrande omber	Vroegste tijden

Kleurstoffen

Kleur	Naam		Kleurend bestanddeel	Afkomst	Eerste gebruik
Blauw	Indigo	Indigofera tinctoria	bladeren van de plant	Midden-Oosten	Oude Egypte
Blauw	Wede	Isatis tinctoria L.	bladeren van de plant	Europa	
Geel	Wouw	Reseda Luteola	Plant	Europa	Romeinse tijd
Oranje	Saffraan	Crocus sativus	Stampers van de bloem	Zuid-Europa	Middeleeuwen
Geel	Gamboge	Garcinia hanburyi	Hars van de boom	Verre Oosten	16-18de eeuw
Rood	Meekrap (Kraplak)	Rubia tinctoria	Wortels van de plant	Zuid-Europa	Oude Egypte
Rood	Drakenbloed		Hars van een boom	Afrika	Romeinse tijd
Rood	Brazilhout	Caesalpinia echinata	Gekleurd hout	Verre Oosten	Middeleeuwen
Rood	Kermes (Karmijn)	Coccus ilicus	gedroogde wijfjes van een schildluissoort	Zuid-Europa	Romeinse tijd
Rood	Lak	Kerria Laccifer	Gekleurd hars, schellak	Verre Oosten	
Rood	Cochenille (Karmijn)	Dactylopius coccus	gedroogde wijfjes van een schildluissoort	Zuid-Amerika	1518
Purper	Tyrisch purper	Murex brandaris	Zeeslak, wulk	Nabije Oosten	Romeinse tijd
Bruin	Bitumen Asfalt		Minerale oorsprong		Oude Egypte
Bruin	Mummie		Extractie uit Egyptische mummies	Nabije Oosten	19 ^{de} eeuw

Intermezzo: Kleurstoffen en het ontstaan van de chemische industrie

De eerste volledig synthetische kleurstof werd per toeval in 1856 door de achttienjarige William Henry Perkin (1838 – 1907) ontdekt. Hij patenteerde zijn mauveïne en reeds in het daarop volgende jaar had hij een fabriek klaar voor productie. Dit was de eerste chemische fabriek ter wereld. Ook de Duitse chemische industrie ontwikkelde zich vanuit de synthese van kleurstoffen.

-  Synthetisch kopercarbonaat is zeer eenvoudig te maken. Maak een koperoplossing en een natriumcarbonaatoplossing en voeg deze oplossingen bij elkaar. Er ontstaat een lichtblauwe neerslag. Je kan een gelijkaardige reactie uitvoeren door een koperoplossing en een natriumhydroxide (NaOH)-oplossing samen te voegen.
-  Maak zelf je verdigris door een stukje koper boven een bad azijnzuur te plaatsen. Plaats deze opstelling in een gesloten pot.
-  Neem een lepel gele oker en gloei deze boven een vlam. Wat gebeurt er met het pigment?

5. Verdunningsmiddel

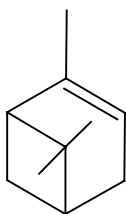
Olieverf is een sterk gekleurde pasta. Van de vier aggregatietoestanden - vast, vloeibaar, gas en plasma - behoort de pasta tot de vloeistoffen. Een pasta is echter een vloeistof die moeilijk (of heel traag) van vorm verandert. Daarom zegt men dat de vloeistof zeer **visceus** is, net zoals tandpasta of natte klei. Het voordeel van een pasta is dat de verf tijdens het schilderen zijn vorm behoudt en niet van de rechtopstaande drager afdruipt.

In sommige gevallen wil de kunstenaar een verf die meer vloeibaar is. Om dat te bereiken voegt hij een verdunningsmiddel aan de verf toe. Het verdunningsmiddel verdunt de verf waardoor deze minder visceus wordt. De verdunning zorgt ervoor dat de afstand tussen de triglyceriden groter wordt, waardoor deze moleculen minder met elkaar kunnen interageren. Daarom wordt de verf 'lopend'. Met het mengsel van pigment, bindmiddel en verdunningsmiddel kan de schilder dunne verflagen aanbrengen. Een andere belangrijk gebruik van het verdunningsmiddel is het schoonmaken van de verfborstels. Olieverf is onoplosbaar in water en daarom gebruikt men terpentijnolie als solvent. Tegenwoordig is terpentijnolie volledig vervangen door white spirit.

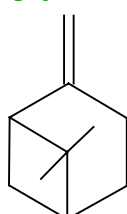
Intermezzo: terpentijnolie en colofoniumhars

Wanneer de schors van een naaldboom wordt beschadigd, gaat de boom zich beschermen tegen uitdroging, schimmelvorming en aantasting door insecten, door het afscheiden van een stroperige vloeistof, ook wel terpentijn, hars of balsem genaamd. Uit deze vloeistof worden **terpentijnolie** (soms ook wel afgekort tot terpentijn) en **colofoniumhars** door middel van stoomdestillatie van elkaar gescheiden. Een distillatie wordt steeds op een mengsel van producten toegepast om de vluchtige bestanddelen van de niet-vluchtige producten van elkaar te scheiden. De vloeistof wordt verwarmd met stoom. Alle vluchtige bestanddelen en de waterdamp worden omgezet tot gas. Het gas wordt opgevangen en afgekoeld, waarna dit condenseert. De vloeistof die hieruit ontstaat bestaat uit een laag terpentijnolie en een laag water, aangezien deze producten niet in elkaar oplossen. Via een scheitrechter wordt het water van de terpentijnolie gescheiden. Na de stoomdestillatie wordt de terpentijnolie onttuurd met kalk (CaCO_3) of kalkwater (Ca(OH)_2) en opnieuw gedestilleerd. Dit product wordt gebruikt om vernis te maken. De niet-vluchtige, vaste stof die na distillatie overblijft, is colofoniumhars.

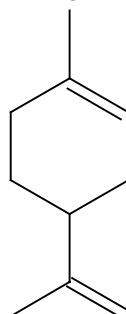
Belangrijkste componenten in terpentijnolie



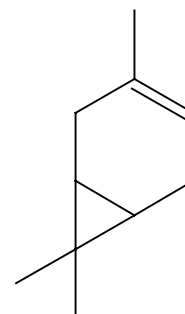
α -pineen



β -pineen

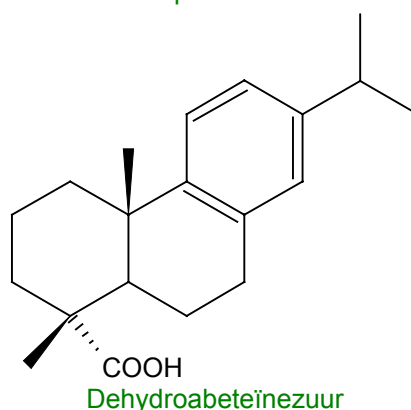
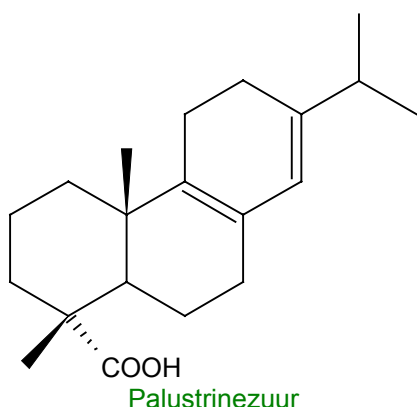
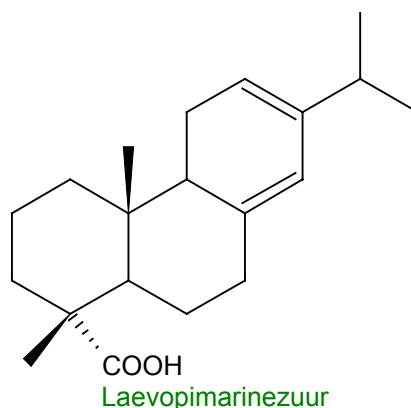
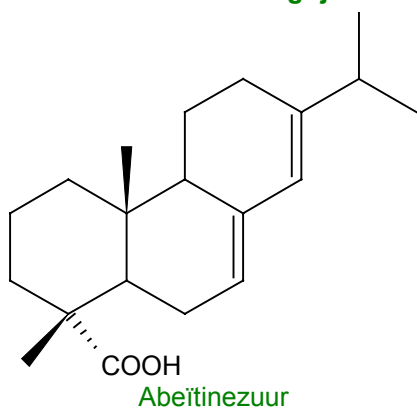



Limoneen





Δ^3 -careen

Belangrijkste componenten in colofoniumhars



 Met het volgende recept verkrijg je een pigment bestaande uit fijne korrels. Neem een grote schep aarde en breng deze in een emmer water. De zwaarste en dus grootste korrels zinken sneller dan de kleinere korrels. Na enkele uren giet je het water af, zonder dat je het bezinksel laat opwarrelen. Het afgegoten water laat je opnieuw rusten en ook hier giet je het water met de fijnste korrels af in een nieuwe emmer. Laat de oplossing droogdampen. Het overblijvende poeder bevat slechts de fijnste deeltjes en kan als pigment worden gebruikt.

 Eitempera is zeer eenvoudig te maken. Breek een kippenei en scheid het eiwit van het eigeel. Leg het eigeel op een absorberend papier. Nadat het oppervlak van het eigeel droog is kan je dit aan de omringende vliesje vasthouden. Prik een gaatje aan de onderkant en vang de vloeistof op. Meng dit met pigment en je hebt je eigen verf gemaakt. De verf kan wel niet worden bewaard en blijft na droging lichtjes wateroplosbaar.

 Maak een emulsie van eigeel en lijnolie. Voeg pigment toe. De verf droogt watervast op.