

**Vom Anilinschwarz zur Solarzelle –
Synthetische Farbstoffe im Wandel der Zeiten**

**Festvortrag zum 100. Jubiläum der
Deutschen Echtheitskommission**

von Prof. Dr. Horst Hartmann

Historische Farbstoffsammlung der Technischen Universität Dresden

Die **Faszination der Farben in der Natur** veranlasste den Menschen schon immer, diese „in seine Hand“ zu bekommen



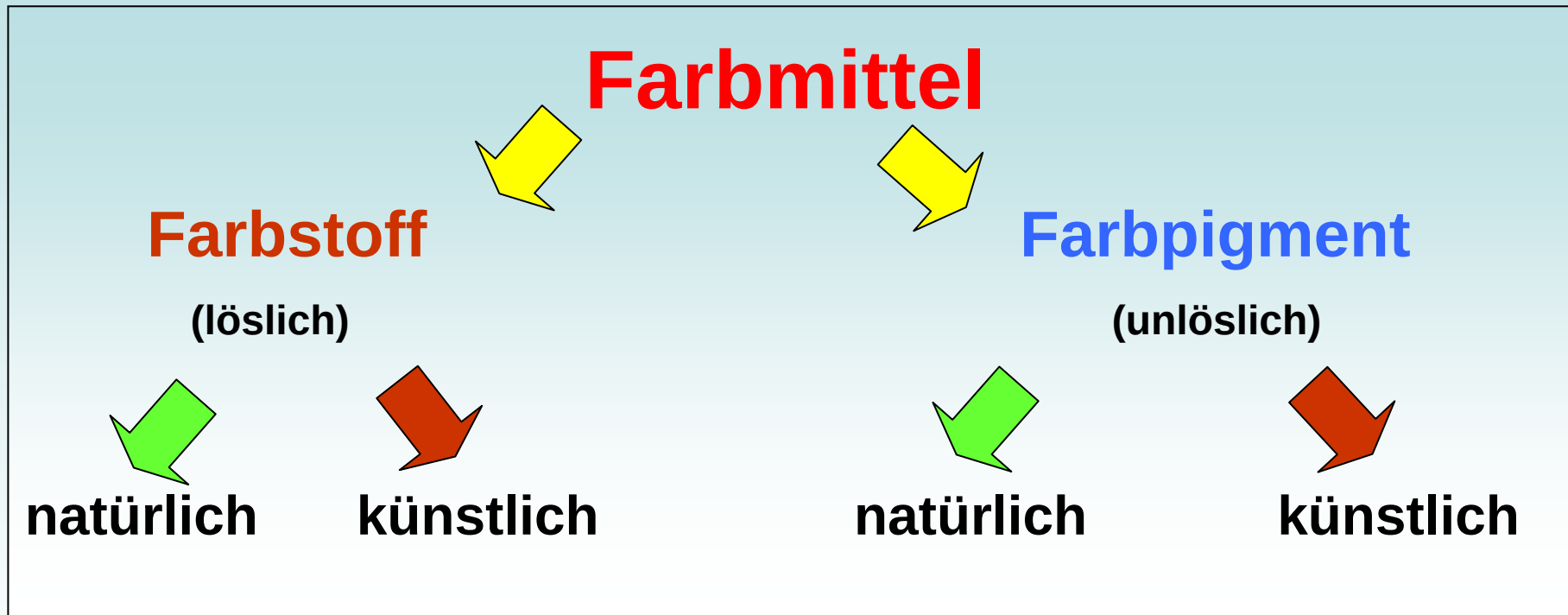
Farben in der Kunst



Farben in der Gesellschaft



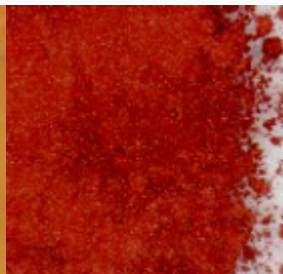
Farben in der Hand des Menschen



brauner Ocker



gelber Ocker



roter Ocker



Zinnober



Azurith



Indigo

Sowohl **Farbpigmente** als auch **Farbstoffe** wurden bereits
in der Antike verwendet -
Farbpigmente stammten aus natürlichen Mineralien, Steinen und Erden

Bezeichnung	Zusammensetzung	C.I.	Historische Relevanz
Orpigment	As_2S_3	PY39	Ägypten, Rom
Ockergelb	FeOOH	PY42	Ägypten
Realgar	As_4S_4	PY39	Antike
Umbra	$\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{MnO}_2$	PBr7	Antike
Eisenoxidrot	Fe_2O_3	PR101	Altamira, Lascaux
Zinnober	HgS	PR106	Ägypten
Ultramarin	S-Silikat	PB29	Antike
Ägyptisch-Blau	$\text{CaCuSi}_2\text{O}_5$	PB31	Antike
Azurit	$\text{Cu}_3(\text{OH},\text{CO}_3)_2$	PB30	Griechenland, Ägypten
Veronagrün	Fe_2SiO_4	PG23	Ägypten
Malachit	$\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$	PB 30	Antike, China

und wurden daraus durch Zermahlen und Zerreiben gewonnen

auch verschiedene **Naturfarbstoffe** sind bereits seit dem Altertum bekannt



Indigo
(Indigofera)



Antiker Purpur
(Purpurschnecke)



Alizarin
(Krappwurzel)

Pflanzenfarbstoff



Karminsäure
(Cochenillelaus)

Tierfarbstoff

Die wichtigsten **Pflanzen- und Tierfarbstoffe** kamen aus fernen Ländern

Name	Vorkommen	Farbe	Pflanzenteil	Verwendung
Indigo	(Sub)-Tropen	blau	Blätter	Textilfärberei
Blauholz	Südamerika	blau	Kernholz	Textilfärberei
Färberknöterich	China, Japan	blau	Blätter	Textilfärberei
Sappanholz	Südostasien, Indien	rot	Kernholz	Seide, Wolle
Brasilholz	Südamerika	rot	Kernholz	Baumwolle, Wolle
Sandelholz	Südostasien, Indien	rot	Kernholz	Wolle, Seide
Alkanna	Osteuropa, Orient	rot	Wurzel	Lebensmittel, Wolle
Krapprot	Süosteuropa, Orient	rot	Wurzel	Baumwolle
Indische Maulbeere	Indien, Polynesien	braun	Wurzel	Textilien
Katechu	Indien, Sri Lanka	gelb	Kernholz	Textilien, Leder
Gelbholz	Mittelamerika	gelb	Kernholz	Textilien, Leder
Färbereiche	Nordamerika	gelb	Rinde	Textilien, Leder
Name	Vorkommen	Farbe	Organ	Verwendung
Karminsäure	Cochenille-Laus	rot	weibl. Laus	Textilien, Kosmetika
Antiker Purpur	Purpurschnecke	purpur	Kiemen	Textilinen

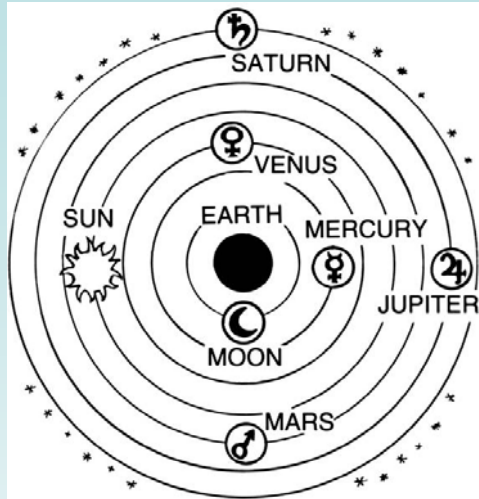
ihr Import in die Abendländer war früher recht mühsam und aufwändig

Heimische Färbepflanzen gut verfügbar, aber meist nicht ergiebig

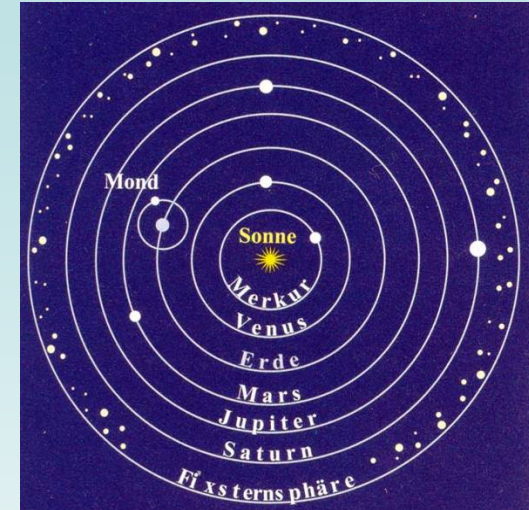
Pflanze	Färbung	Pflanze	Färbung	Pflanze	Färbung
Birke	zitronengelb	Petersilie	gelb	Bartflechte	gelbgrün
Brennnessel	zitronengelb	Rainfarn	gelb	Salbei	gelbgrün
Färberwau	zitronengelb	Schöllkraut	gelb	Bärwurz	gelbgrün
Gelbholz	zitronengelb	Schachtelhalm	gelb	Vogelknöterich	gelbgrün
Lemongras	zitronengelb	Schafgarbe	gelb	Hamamelisblätter	gelbgrün
Mistel	zitronengelb	Tausendgüldenkraut	gelb	Holunderblätter	gelbgrün
Ringelblume	zitronengelb	Zwiebel	gelb	Erika/ Heide	gelbgrün
Saflor	zitronengelb	Färberwau	goldgelb	Faulbaum	rosa
Bartflechte	gelb	Kurkuma	goldgelb	Färberwau	ocker
Eiche/ Rinde	gelb	Island-Moos	goldgelb	Kreuzdornrinde	ocker
Arnikablüten	gelb	Rhabarber	goldgelb	Schöllkraut	ocker
Bärentraube	gelb	Saflor	goldgelb	Rhododendron	rotbraun
Brombeerblätter	gelb	Sonnenblume	goldgelb	Lärchenrinde	rotbraun
Färberginster	gelb	Tagetes	goldgelb	Färberwaid	blau
Goldrute	gelb	Eiche/ Blätter	dunkelgelb	Holunderbeeren	rot-violett
Mädesüß	gelb	Eiche/ Rinde	dunkelgelb	Ampfer/Samen	orange
Möhre	dunkelgelb	Hibiskusblüten	rosa	Henna	ocker
Annattosaat	dunkelgelb	Heidelbeeren	rosa	Eschenrinde	ocker
Apfelbaumrinde	gelbgrün	Schw. Johannisbeeren	rosa	Eiche/ Rinde	ocker
Ampfer/Blätter	gelbgrün	Preiselbeeren	rosa	Linde/Rinde	ocker
Kerbel	gelbgrün	Sandelholz	rosa	Ulmenrinde	ocker
Myrthe	gelbgrün	Waldmeister	altrosa	Tormentillwurzel	ocker
Johanniskraut	gelbgrün	Brasilholz/Rotholz	altrosa	Erika/ Heide	ocker
Frauenmantel	gelbgrün	Kirschbaumrinde	orange	Ritterspornblüten	Türkis
Hamamelis	gelbgrün	Färberwau	ocker	Lärchenrinde	rotbraun
Holunderblätter	gelbgrün	Kreuzdornrinde	ocker	Färberwaid	blau
Erika/ Heide	gelbgrün	Schöllkraut	ocker	Holunderbeeren	rot-violett
Faulbaum	rosa	Rhododendron	rotbraun	Ampfer/Samen	orange

Färbungen meist nicht echt

Im 15. Jahrhundert entsteht ein neues Weltbild - Kugelgestalt der Erde wird bewusst; neue Länder und Kontinente entdeckt



Die Sonne steht im
Mittelpunkt der
Welt, um die sich
die *Erde als Kugel*
dreht



C. Ptolemäus (um 800)



N. Kopernikus (1473 – 1543)



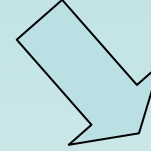
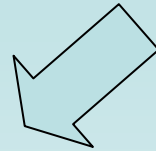
J. Keppler (1571 – 1630)



G. Galilei (1564 – 1642)

➔ Zeitalter der Entdeckungen

Suche nach



neuen Kontinenten

neuen Stoffen



Christoph Columbus

1451 – 1524



Ferdinand Magellan

1480 – 1521



Alchemie

Stein der Weißen:

Neue Produkte (Kolonialwaren) wurden verfügbar

GOLD

Alchemie

Untersuchung von Stoffen

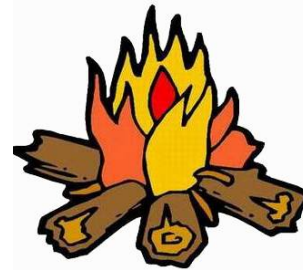
der unbelebten Natur
(anorganische Stoffe)

- Erden
- Steine
- Mineralien
- Erze

der belebten Natur
(organische Stoffe)

- Tiere
- Pflanzen
(Holz)
(Kohle)

Arbeitsmittel



Keramik

Kalk

Farbpigmente

Zement

Eisen
Metalle

GOLD



Wärme

Die Alchimie und einige ihrer Resultate

1709 Böttger, Tschirnhaus  europ. Porzellan

Jahr	Entdecker	Pigment-Name	Code	Bestandteil
1704	Heinrich Diesbach	Berliner Blau	PB27	Eisencyanid
1775	Carl Wilhelm Scheele	Scheele's Grün	PG22	Kupferarsenit
1780	Bernard Courtois	Zinkweiß	PW4	Zinksulfid
1780	Sven Rinmann	Kobaltgrün	PG19	Kobaltoxyd
1797	Nicolaus-Luis Vauquelin	Chromgelb	PY34	Bleichromat
1802	Luis Thenard	Kobaltblau	PB72	Kobaltoxyd
1805	Andreas Höpfner	Cerulablau	PV49	Kobalt, Zinn, Chrom
1814	Nicolaus-Luis Vauquelin	Iodscharlach	PR108	Quecksilberiodid
1817	Franz Strohmeier	Cadmiumgelb	PO20	Cadmiumsulfid
1828	Jean-Baptiste Guimet, C. Gmelin	Lazurith	PB29	Schwefelsilikat
1831	Nikolaus Wolfgang Fischer	Kobaltgelb	PY40	Nitrokobaltat
1838	Pannetier & Binet	Viridian	PV18	Chromoxyd
1859	Jean Salvétat	Kobaltviolett		Kobaltphosphat
1868	E. Leykauf	Manganviolett	PV16	Managanphosphat
1878	Johannes Zeltner	Ultramarinviolett	PV15	Schwefelsilikat

Zahlreiche dieser künstlichen Pigmente enthielten giftige Schwermetalle!

Scheeles oder Schweinfurter Grün

erlangte traurige Berühmtheit

Alte Schweinfurter Methode	Jüngerer Verfahren (a)
- lösen von Grünspan in Essig - Lösen von arseniger Säure aus weißem Arsenik in Wasser - Fällern beider Lösungen miteinander - Bilden eines anfangs gelbgrünen Niederschlags, später des typischen Schweinfurter Grüns - Abgießen des Niederschlags mit überschüssiger arseniger Säure - Auswaschen mit heißem Wasser zum Entfernen der restlichen löslichen Salze und der überschüssigen arsenigen Säure - Bildung der grünen Kristalle	- ansetzen arseniger Säure mittels Soda - Fällern der heißen Lösung mit heißgesättigter Kupfersulfatlösung - Nach kurzer Zeit Zugabe der Essigsäure - Niederschlagsbildung - Abgießen des Niederschlags Auswaschen mit heißem Wasser zum Entfernen der restlichen löslichen Salze und der überschüssigen arsenigen Säure - Bildung der grünen Kristalle

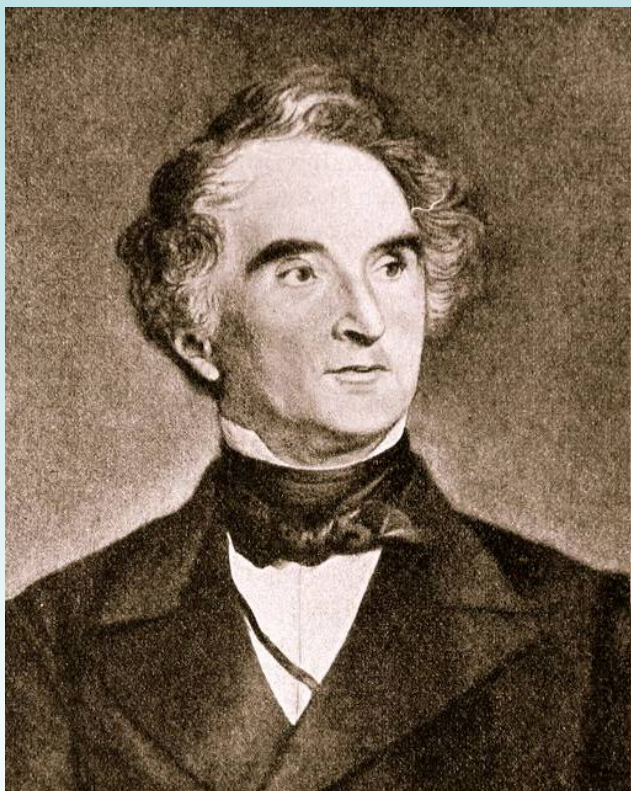


Abb. 2 Wilhelm Sattler, 1837

in geschlossenen Räumen entsteht giftiger Arsenwasserstoff (von Basedow)

Wegbereiter der Organischen Chemie:

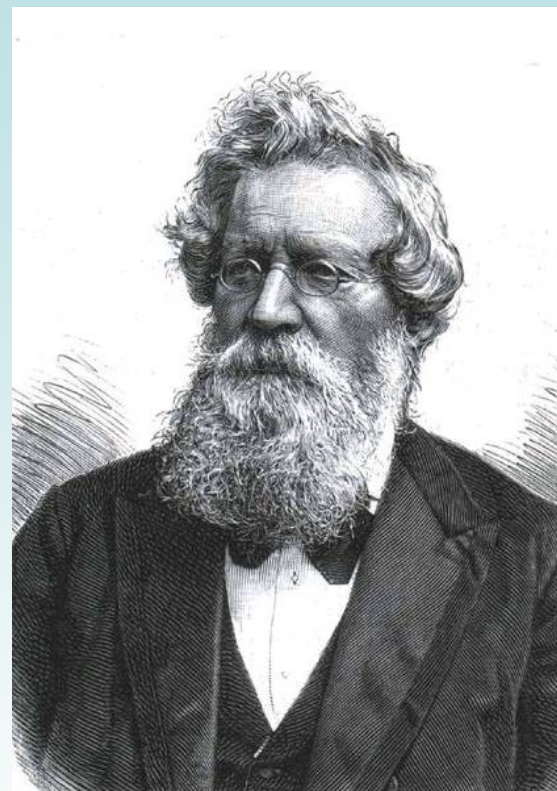
Widerlegung des vis vitalis-Theorems durch J. v. Liebig



Justus von Liebig

1828

Synthese von Harnstoff $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$
aus Ammoniumcyanat

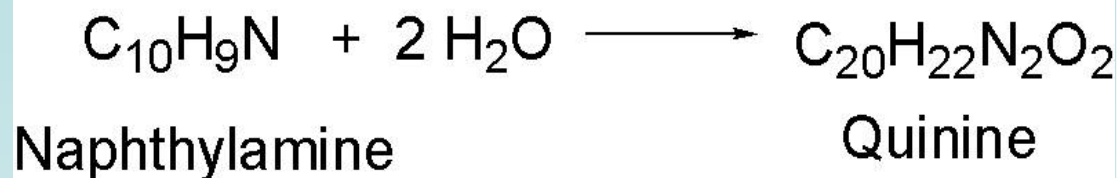


August Wilhelm von Hofmann

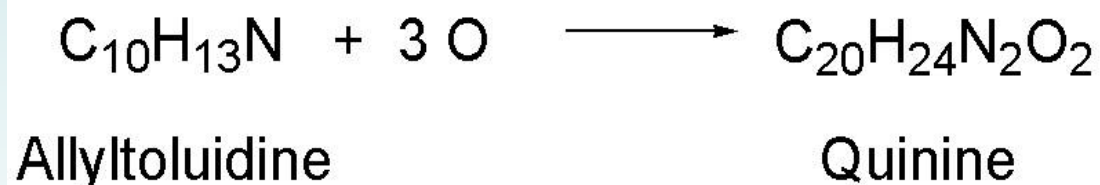
1856

Synthese von Chinin $\text{C}_{20}\text{H}_{22}\text{N}_2\text{O}_2$
aus Naphthylamin $2 \text{C}_{10}\text{H}_9\text{N} + \text{H}_2\text{O}$

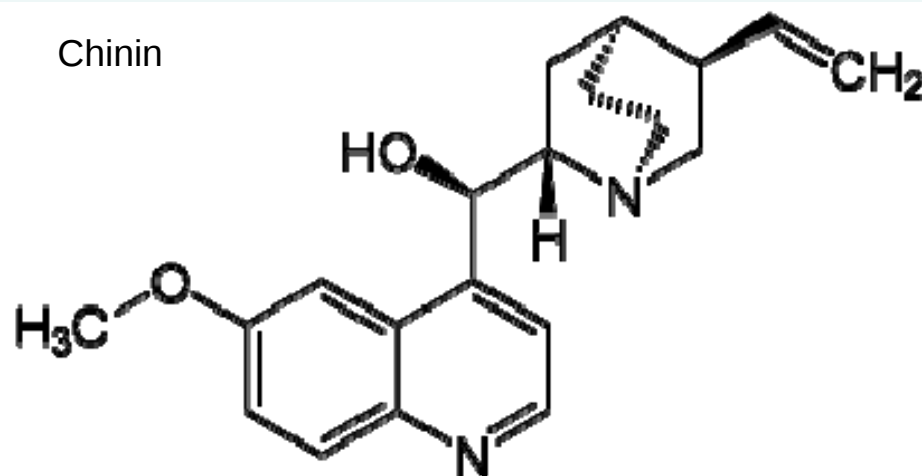
Hofmanns idea: künstl. Herstellung von Chinin



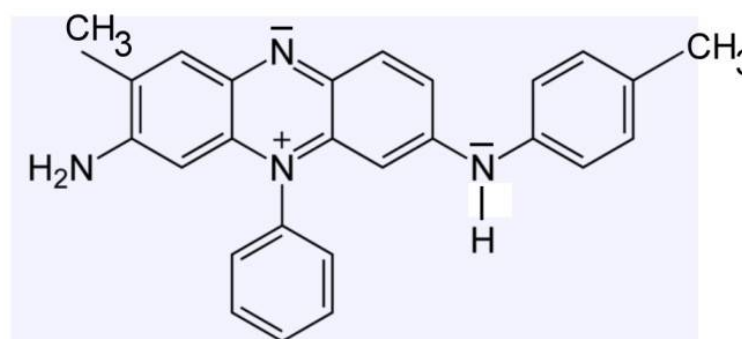
Perkins Aufgabe:



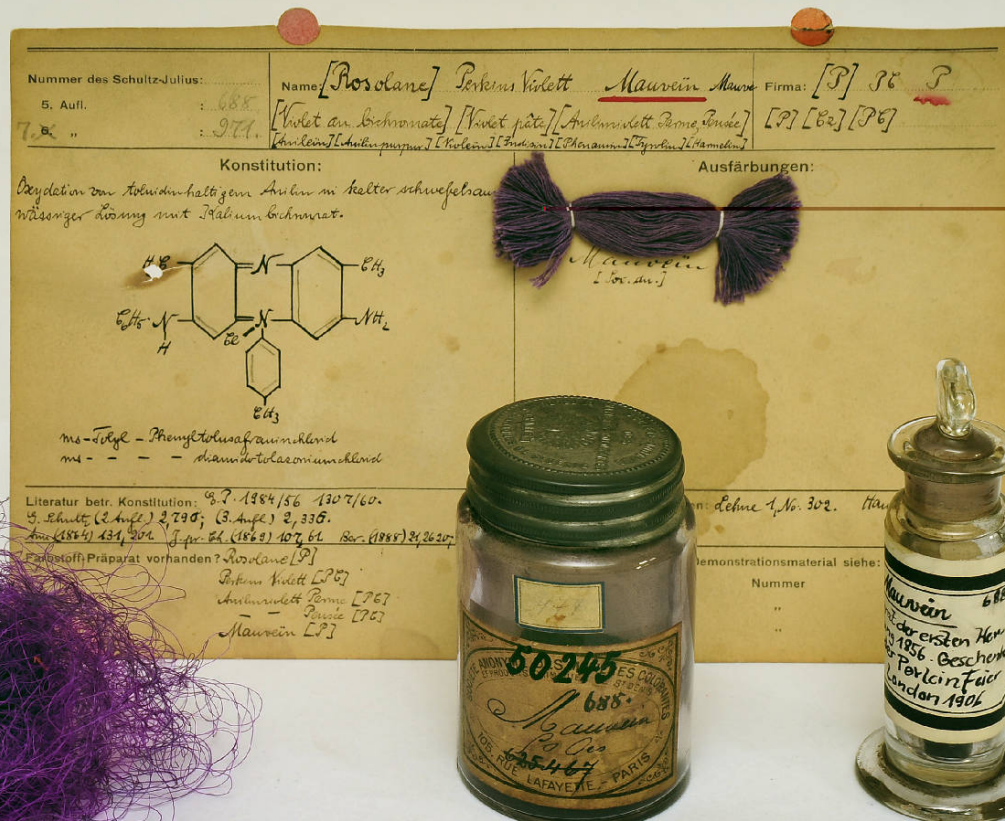
Chinin



Mauvein



Als Rohstoff für das Mauveins diente technisches Anilin, das aus Teer gewonnen wurde



Mauvein

Perkins Mauvein Violet Anilin Violet Parme
Anilin Violet Pernée Parme rouge
(Azinfarbstoff)
C.I. Basic Dye 50245 Perkin 1856

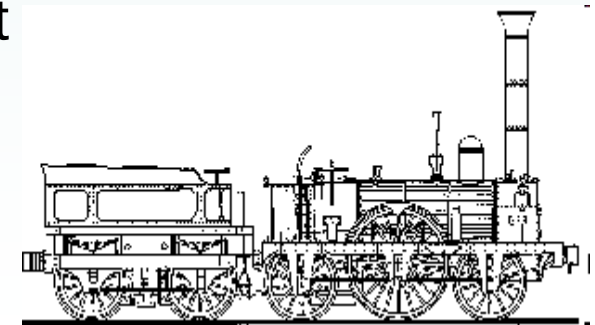
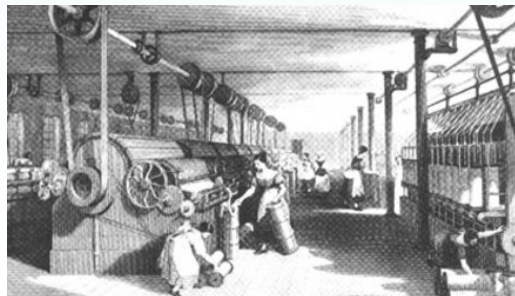
Perkins **Mauvein** in der Historischen Farbstoffsammlung der TU Dresden

Die Bedeutung der Entdeckung **Perkins** bestand vor allem darin, dass sich nunmehr die Aufmerksamkeit der Chemiker auf einen bisher weitgehend unbekannten, aber seit Ende des 18. Jahrhunderts in riesigen Mengen anfallenden Rohstoff richtete:

Dieser Rohstoff war der **Teer!**

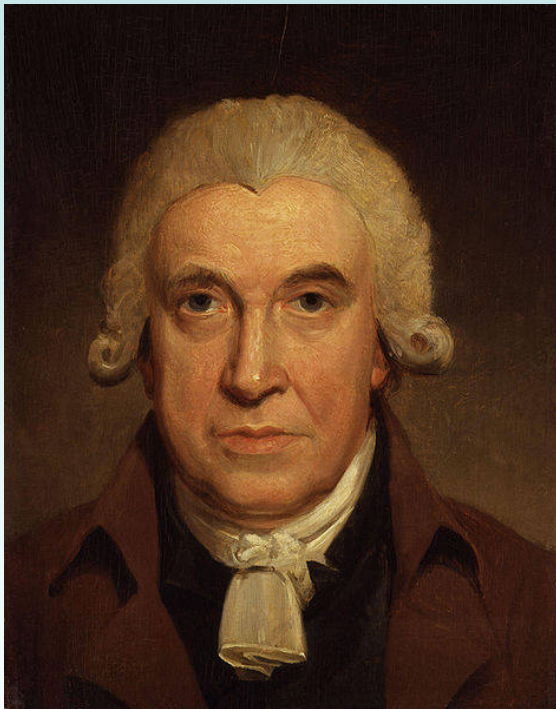
Er fiel bei der **Verkokung der Kohle** an, die von Darby 1835 zur industriellen Reife gebracht wurde und zur **Eisen- und Stahl-Gewinnung** diente.

Eisen und Stahl wurden zur Herstellung von **Dampfmaschinen, Eisenbahnen** und anderen mechanischen Geräten, wie z.B. Spinnmaschinen, in großem Umfange benötigt



Ein neues Zeitalter bricht an:

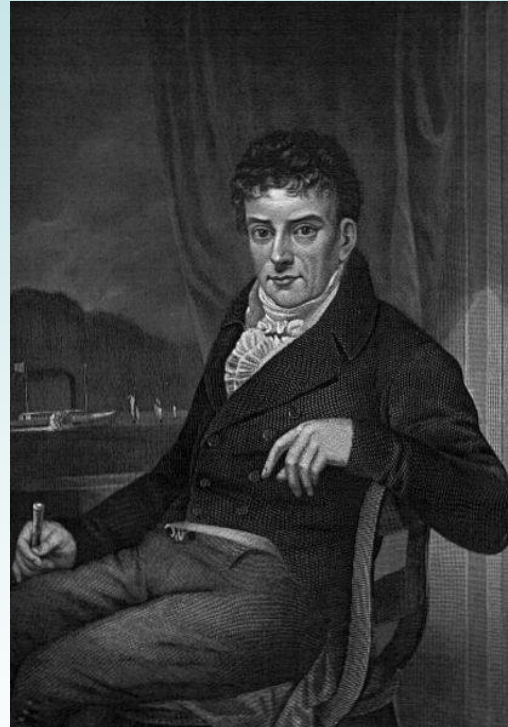
18. Jahrhundert: Das Zeitalter der Dampf-Maschinen



James Watt

1736 - 1819

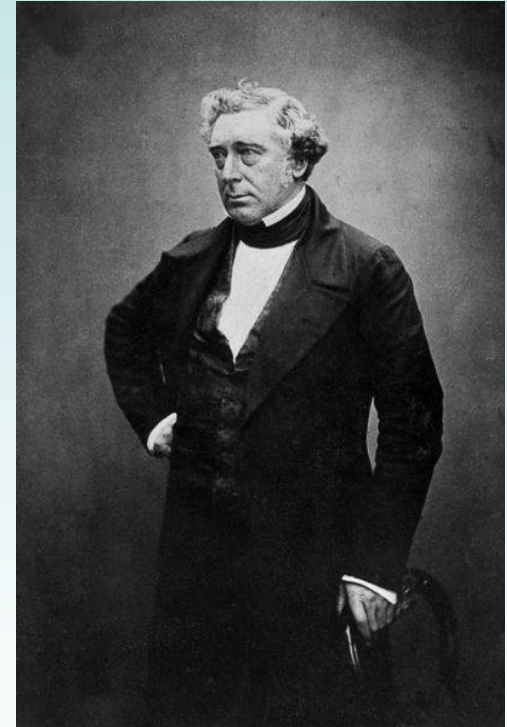
Dampfmaschine



Robert Fulton

1765 – 1815

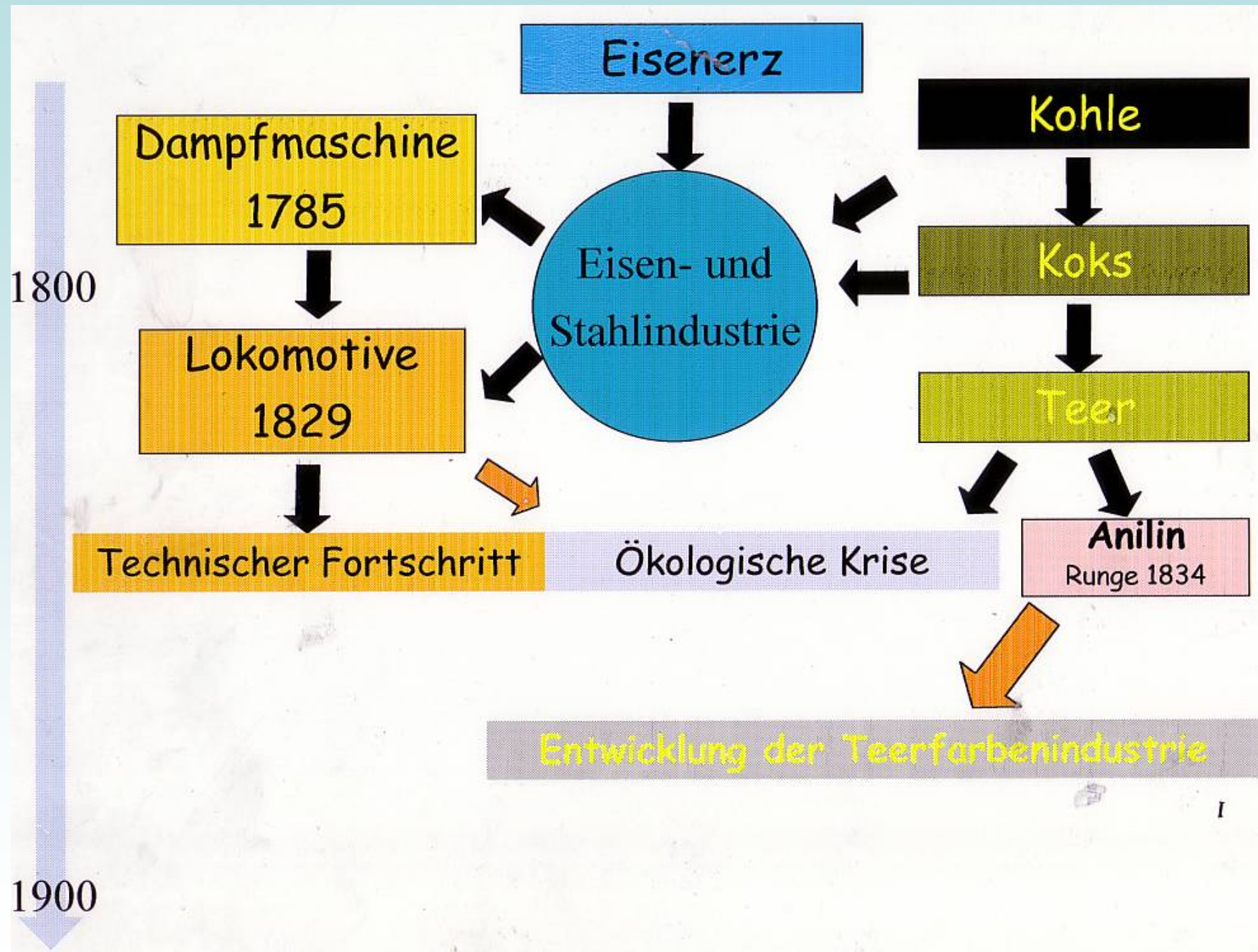
Dampfschiff



Robert Lewis Stephenson

1803 – 1859

Lokomotive



Teer war zunächst unliebsames Abfallprodukt der Koksgewinnung und enthielt eine Fülle von Inhaltsstoffen, von denen einige zuerst von **F. F. Runge** im Jahre 1834 isoliert wurden

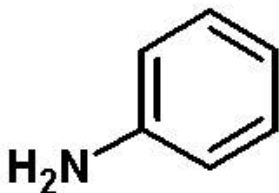


Friedlieb Ferdinand Runge (1794 – 1867)

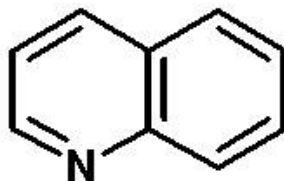
Entdecker des Anilins im Teer (1834)



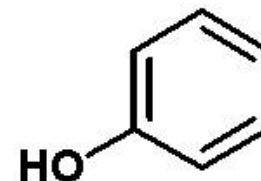
- 1794 in Hamburg geboren
- Apothekerlehre in Lübeck
- 1820 Uni Jena, Dr.med. et. chirurg.
- 1821 Entdeckung des Atropins
- 1822 Uni Berlin, Dr. phil. (Indigo)
- 1823 Privatdozent in Breslau
- 1826 a.o Prof. für Technische Chemie
- 1833 Technischer Leiter der Produktenfabrik Oranienburg
- 1834 Entdeckung von Anilin, Chinolin und Phenol im Teer
- 1835 Stearinkerzen aus Palmöl
- 1867 gestorben



Anilin



Chinolin



Phenol



Wegbereiter der Teerfarbenindustrie



William Henry Perkin

(1838 – 1907)

Mauvein

1856



Emanuel Verguin

(1814 - 1864)

Fuchsin

1858



Peter Griess

(1829 – 1888)

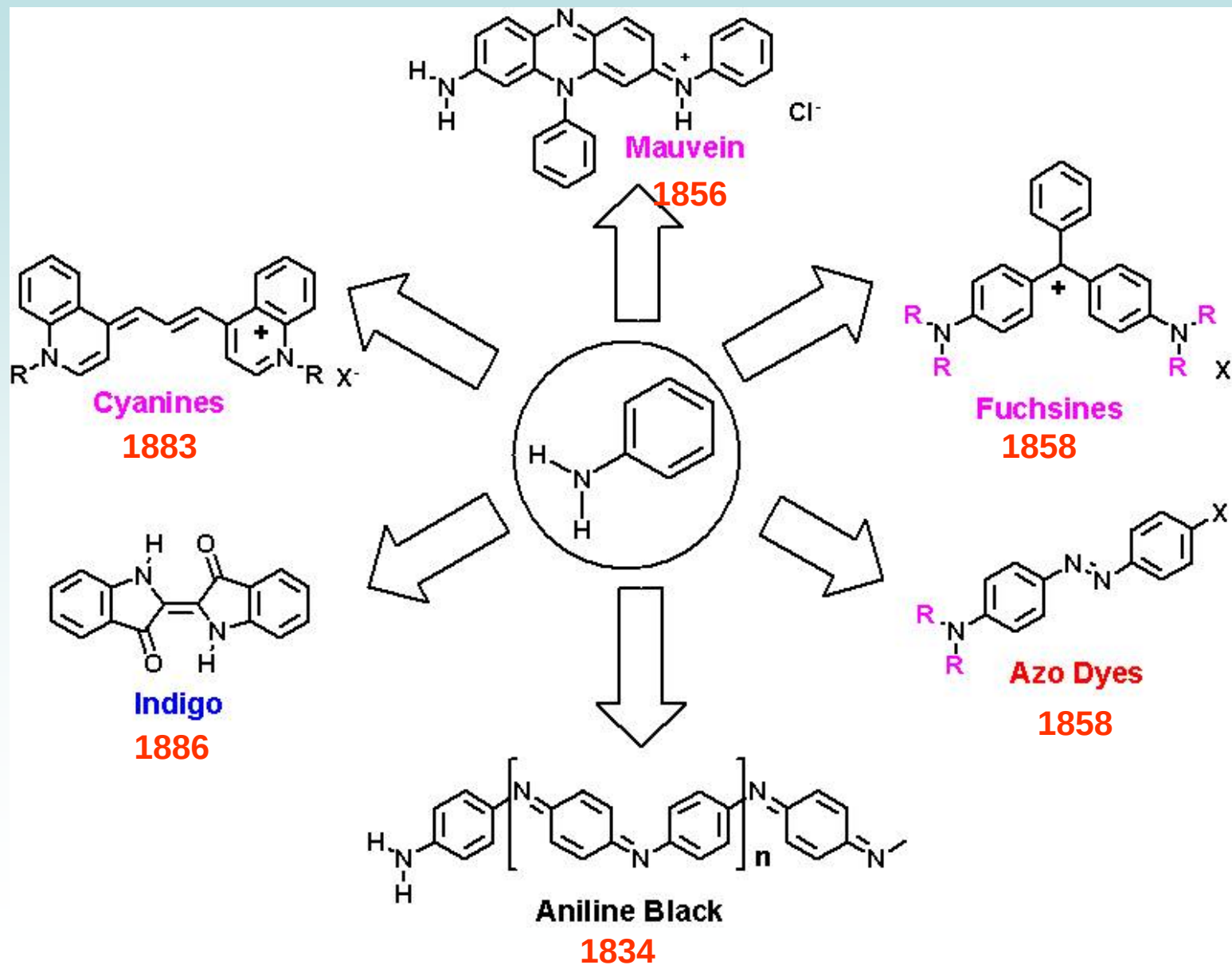
Azoverbindungen

1863

Wichtige Erfindungen auf dem Gebiet der Teerfarben

1834	F. F. Runge	Isolierung von Anilin, Phenol, Naphthalin aus Teer Entdeckung des Anilinschwarz
1856	W. Perkin	Entdeckung des Mauveins
1857	E. Verguin	Entdeckung des Fuchsins
1862	P. Griess	Entdeckung der Diazoniumsalze
1863	J. Martius	Entdeckung des 1. Azofarbstoffs Bismarckbraun
1868-70		Gründung BASF, BAYER, AGFA, CIBA, HÖECHST
1868	Gräbe, Liebemann	Technische Synthese des Alizarins (Alizarin 1826 aus Krappwuzel isoliert)
1871	von Bayer	Entdeckung der Phthaleine
1876	Caro	Entdeckung des Methylenblaus
1877	E. Fischer	Entdeckung Malachitgrün
1878	von Bayer	1. Synthese von Indigo
1885	Böttger	Entdeckung Kongorot
1890	Heumann	1. technische Indigosynthese
1897	BASF	Großtechnische Indigosynthese

Farbstoffe auf Anilin-Basis – eine Auswahl



Die neuen Anilin- oder Teerfarbstoffen wurden in kleineren Firmen hergestellt, die sich sehr rasch zu weltweit agierenden Konzernen entwickelten

Anilin- und Teerfarbenfabrik	Gründungsjahr
Farbwerke Meister, Lucius & Brüning, später Farbwerk Hoechst (MLB)	1862
Farbenfabriken vorm. Friedrich Bayer & Co (By)	1863
Kalle & Co. Aktiengesellschaft	1863
Actiengesellschaft für Anilinfabrikation (AGFA)	1873
Badische Anilin- und Sodafabrik	1865
Leopold Cassella & Co.	1870
Chemische Fabrik Griesheim	1856
Carl Jäger GmbH Anilin-Farbenfabrik	
Farbenfabrik Dahl & Co	
Anilinfarben- und Extract-Fabriken vorm. Job. Rud. Geigy	1859

Tabelle 3: Teerfarbenfabriken nach 1856 (nicht vollständig)

Die BASF im Jahre 1881



15 Jahre nach der Firmengründung

Herstellung von künstlichen **Teer**-Farbstoffen

Künstliche Herstellung von Naturfarbstoffen: **Indigo**, **Alizarin**

Motivation für Entwicklung einer umfangreichen Farbstoffpalette:

1. Qualitätssicherung hinsichtlich

- Farbnuancierung
- Echtheitseigenschaften
- Kostenminimierung

2 umfangreiche und billige Verfügbarkeit wertvoller Rohstoffe

- Aromatische Kohlenwasserstoffe
- Phenole
- Amine

3. einfach durchführbare Umsetzungen

- Nitrierung
- Sulfonierung
- Alkylierung
- Acylierung
- Diazotierung
- Reduktion

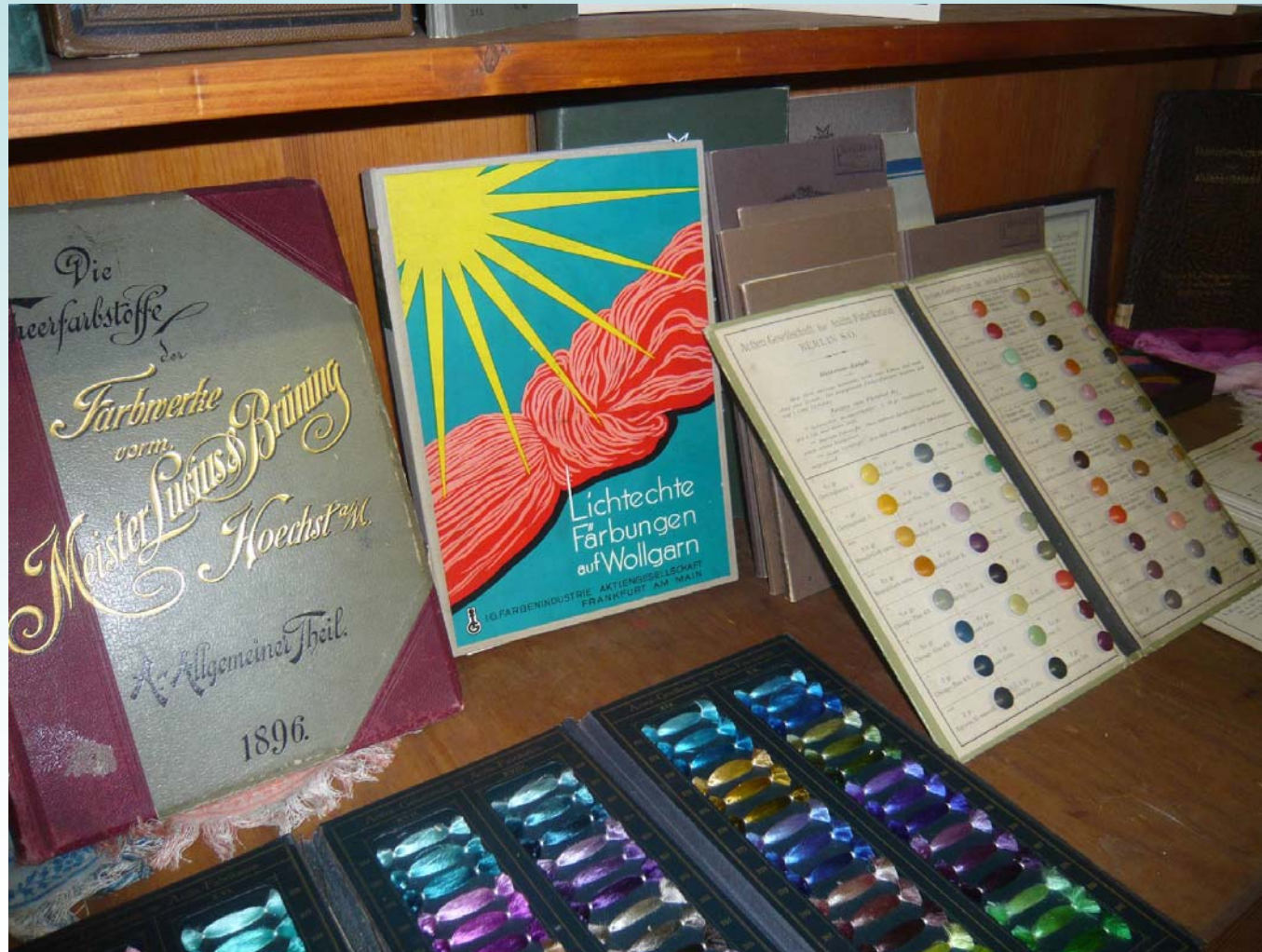
4. Patentabsicherung der einzelnen Erfindungen

Die Echtheitskriterien für Textilfarbstoffe und ihre Prüfung und Zertifizierung

DIN	Bestimmung der
53952	Lichte chtheit von Färbungen, Drucken von Farbstoffen
53953	Wasser echtheit von Färbungen und Drucken
53954	Meerwasser echtheit von Färbungen und Drucken
53955	Wassertropfen echtheit von Färbungen und Drucken
53956	Wasche chtheit von Färbungen und Drucken
53957	Schweiß echtheit von Färbungen und Drucken
53958	Lösungsmittel echtheit von Färbungen und Drucken
53959	Reib echtheit von Färbungen und Drucken
53960	Büge echtheit von Färbungen und Drucken
53961	Säure echtheit von Färbungen und Drucken
53962	Avivier echtheit von Färbungen und Drucken
53963	Alkali echtheit von Färbungen und Drucken
53964	Sodakoche chtheit von Färbungen und Drucken
53965	Beuche chtheit von Färbungen und Drucken
53966	Peroxyd-Bleich echtheit von Färbungen und Drucken
53967	Chlor echtheit von Färbungen und Drucken
53968	Mercerisier echtheit von Färbungen und Drucken
53969	alkalischen Walke chtheit von Färbungen und Drucken
53970	sauren Walke chtheit von Färbungen und Drucken
53971	Karbonsier echtheit von Färbungen und Drucken
53972	Schwefele chtheit von Färbungen und Drucken
53973	Pottinge chtheit von Färbungen und Drucken
53974	neutralen, sauren und Chrom-Überfärbe chtheit von Färbungen und Drucken
53975	Dekature chtheit von Färbungen und Drucken

Über die Gebrauchseigenschaften der Textilfarbstoffe informierten **Musterkarten**

Ein große Sammlung von Musterkarten findet sich
in der Historischen Farbstoffsammlung der TU Dresden



Neben der Herstellung einer riesigen Palette völlig neuartiger (künstlicher) Farbstoffe wurde auch die Synthese von Naturfarbstoffen vorangetrieben

1868: Alizarin-Synthese (Gräbe, Liebermann)

1878: Indigo-Synthese (v. Bayer)

Die technische Gewinnung von Indigo und Alizarin in Deutschland ruinierte die traditionellen Anbaugebiete in Südeuropa und Asien. Die daraus erwachsenden Schwierigkeiten für die Kolonialmächte versuchte die französische Regierung dadurch zu umgehen, dass sie die Uniformen ihrer Soldaten mit den nur noch verlustreich zu handelnden Naturprodukten färbte.

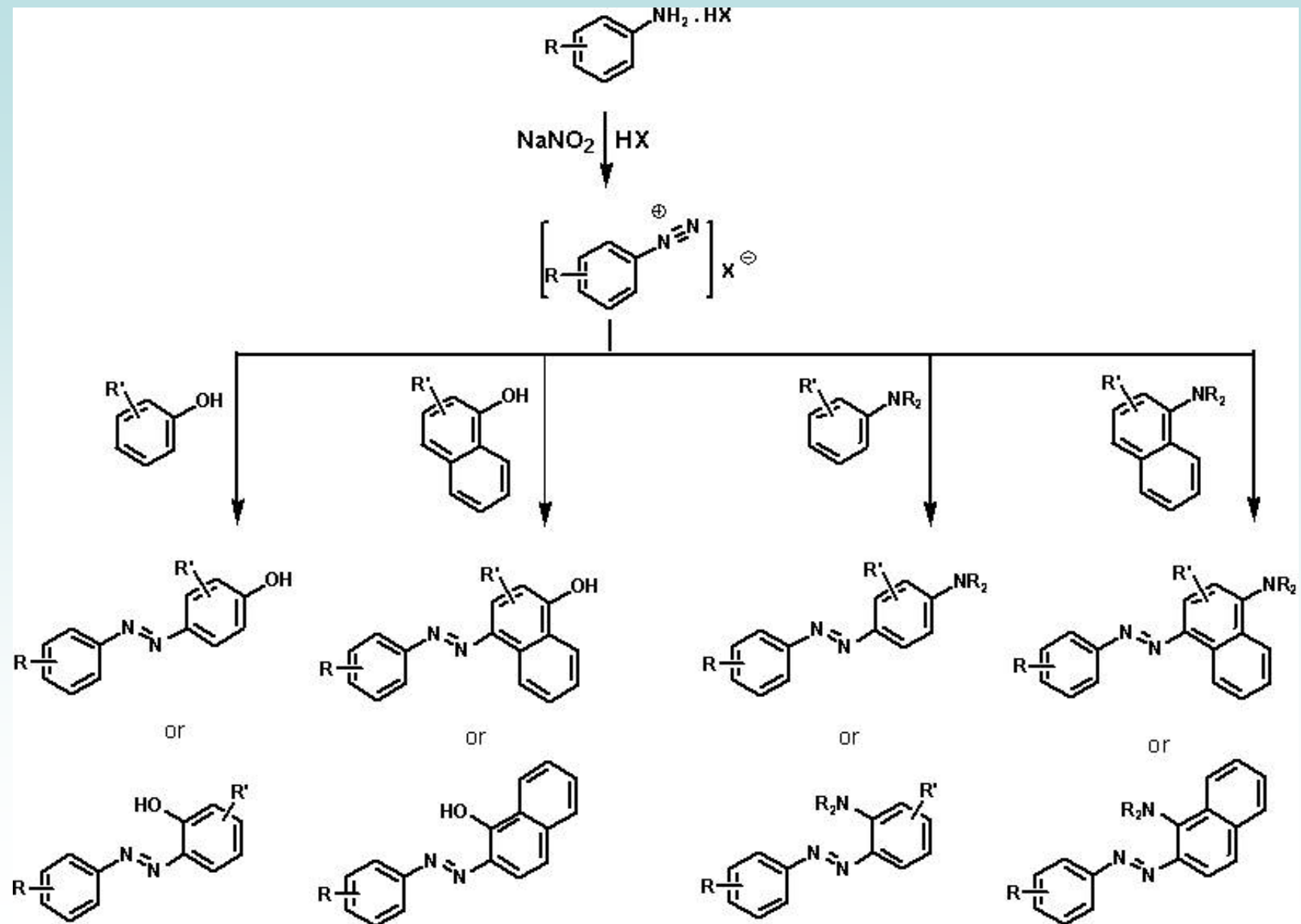


Französische Soldaten um 1870

Wichtige Klassen synthetischer organischer Farbstoffe (nach strukturellen Gesichtspunkten)

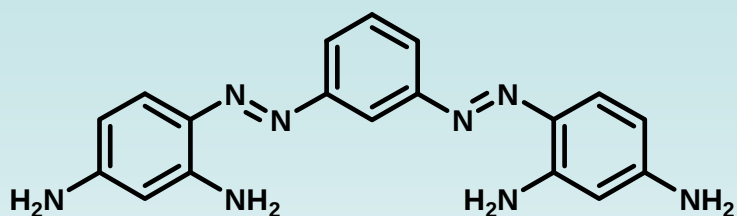
- Polyene-Farbstoffe
- **Azofarbstoffe**
- Donator-Akzeptor-substituierte Aromaten und Heteroaromaten
- Chinoide Farbstoffe
- Indigoide Farbstoffe
- Di- und Triphenylmethan-Farbstoffe
- Polymethinfarbstoffe
- Porphyrine und Phtalocyanine
- Betainische Farbstoffe
- Schwefelfarbstoffe und Anilinschwarz

Herstellungsprinzip für Azofarbstoffe

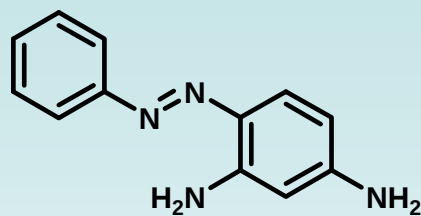


Beispiele typischer Azofarbstoffe auf Anilin-Basis

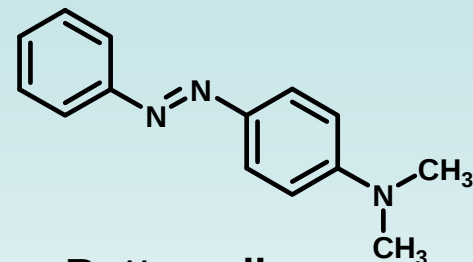
vorzugsweise Gelb- und Rottöne



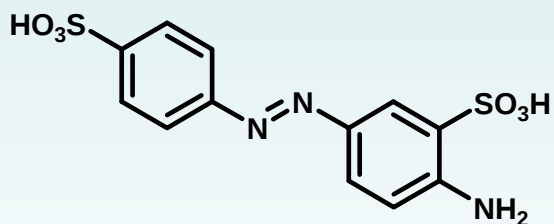
Bismarckbraun (Martius 1865)



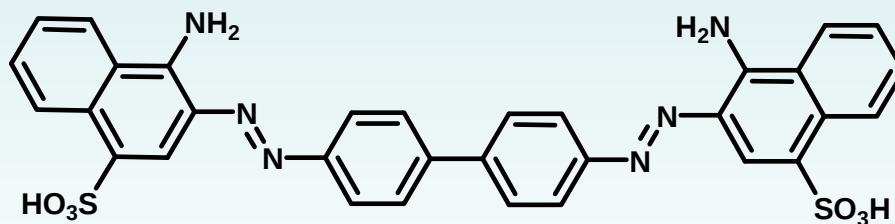
Chrysoidin (Caro 1875)



Buttergelb



Methylorange



Kongorot (Böttiger 1884)

Beispiele von heterocyclischen Azoverbindungen

Wippel: Heterocyclische Diazokomponenten

MELLIAND TEXTILBERICHTE 9/1969 1095

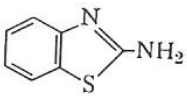
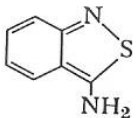
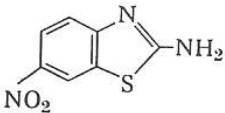
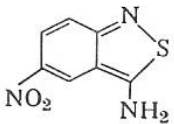
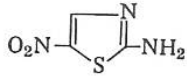
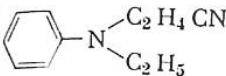
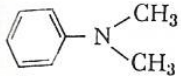
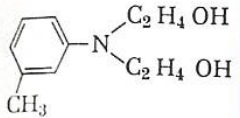
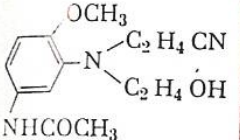
					
					
					
					
					

Bild 1

Wichtige Klassen organischer Farbstoffe (nach färberischen Gesichtspunkten)

- Direktfarbstoffe
- Dispersionsfarbstoffe
- Säurefarbstoffe
- Basische Farbstoffe
- Beizenfarbstoffe
- Reaktivfarbstoffe
- Küpenfarbstoffe
- Entwicklungsfarbstoffe

Gegenwärtig erfährt die Entwicklung neuer **Textilfarbstoffe** weltweit relativ wenig Beachtung.

Auch die Entwicklung neuer **Farbpigmente**, z.B. für die Druckindustrie, stagniert merklich und wird oft durch Zufallsentdeckungen bestimmt:

Ferrari-Rot

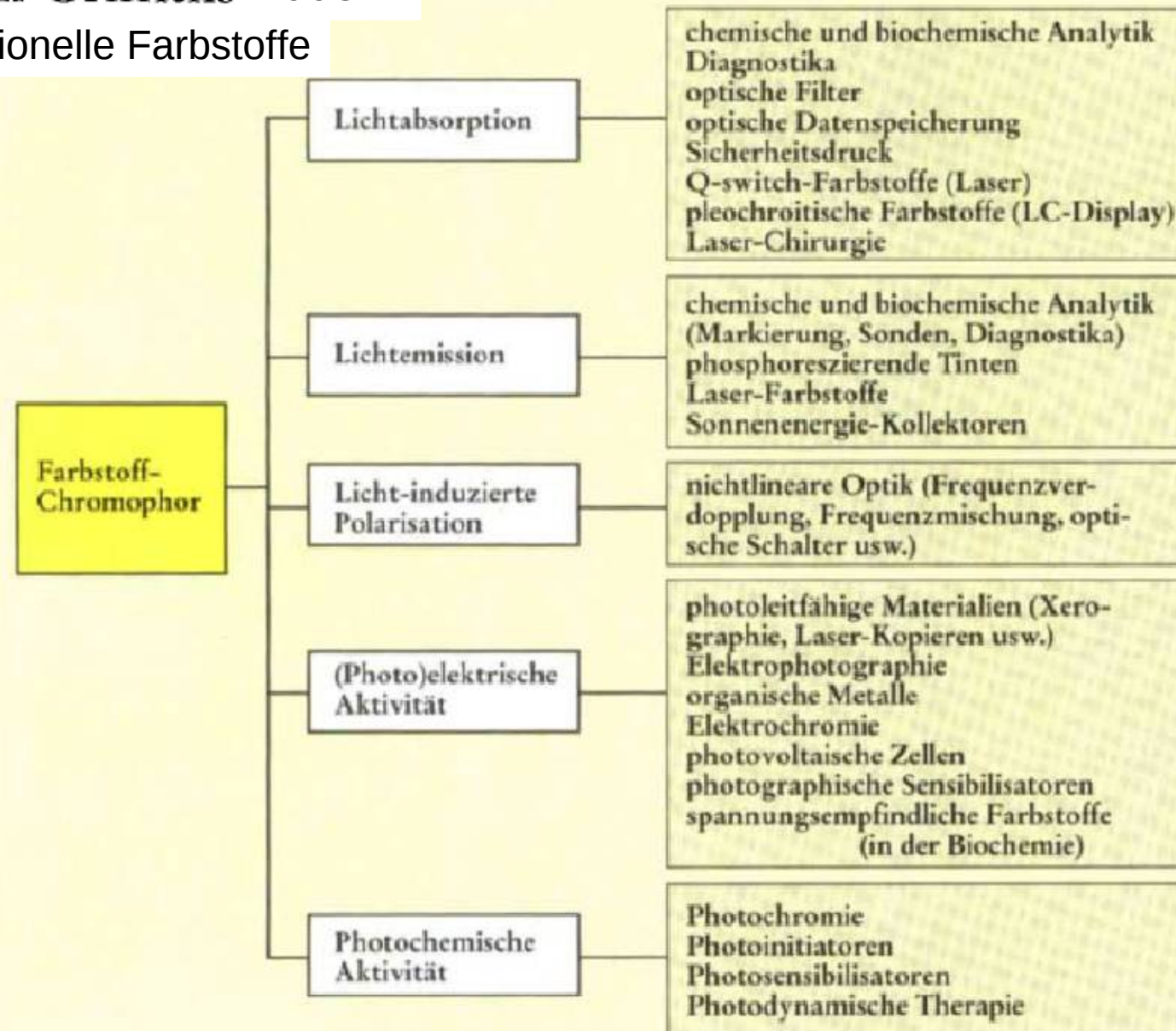


Demgegenüber finden z.B. im kosmetischen Sektor zahlreiche neue Innovationen statt

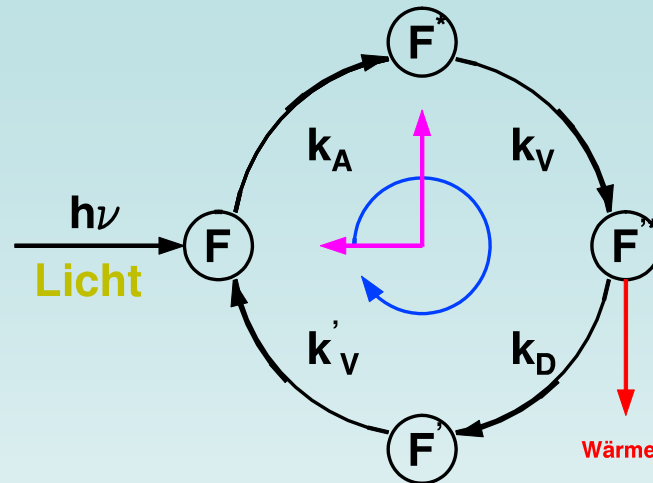


John Griffiths 1993

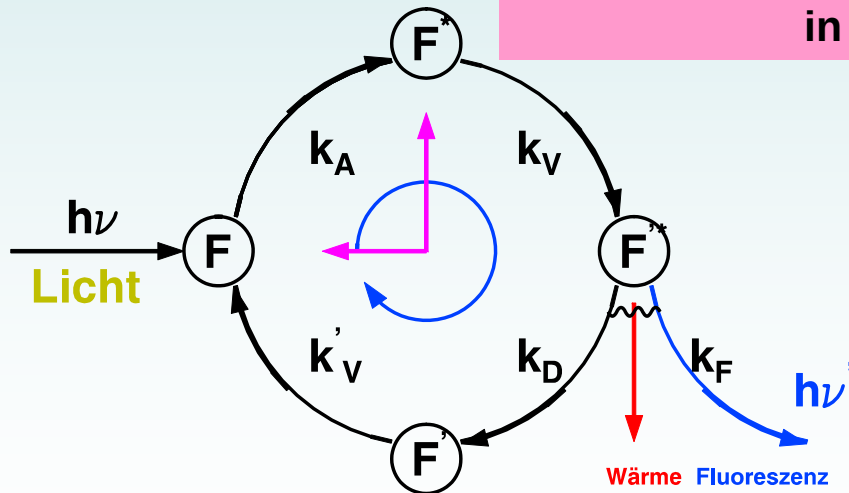
Funktionelle Farbstoffe



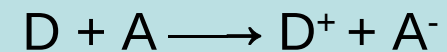
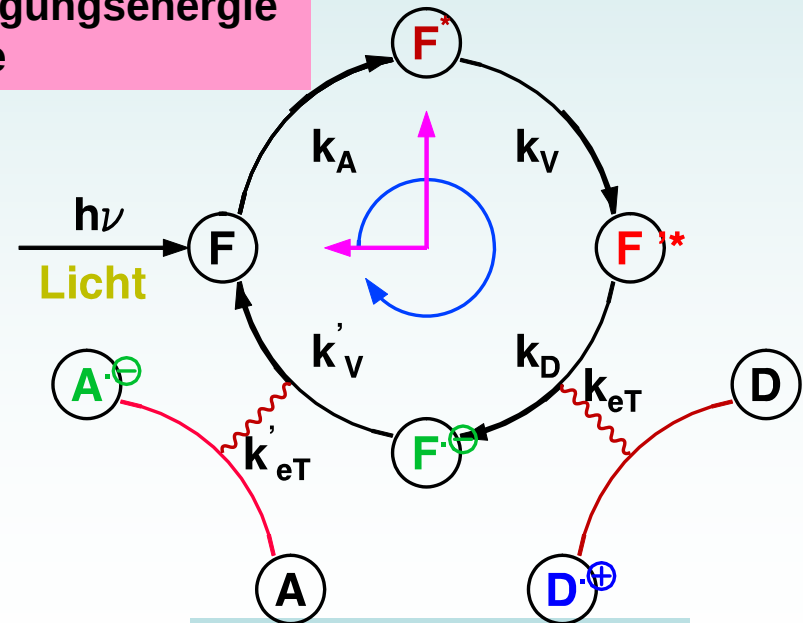
Optische Anregung und Desaktivierung



Umwandlung der Anregungsenergie in Wärme



Umwandlung der Anregungsenergie in Licht (längerer) Wellen



Funktionelle Farbstoffe und Farbpigmente

- für klassische Bildaufzeichnungsverfahren

- Druckfarben
- Stempelfarben
- Tinten-Farbstoffe
- Toner
- Farbstoffe für Kopiermaterialien (Blaupause, farblose Blaupause)
- Thermokopierfarbstoffe
- Bildfarbstoffe für photographische Aufzeichnungsverfahren

- für Indikator- und Sensorzwecke

- Indikatorfarbstoffe, z.B. für pH-Titration, Komplexometrie
- Markierungsreagenzien, z.B. für biologische Materialien (DNA)

Funktionelle Farbstoffe und Farbpigmente

- **für elektronische (nichtklass.) Aufzeichnungsverfahren**
- **für Elektrophotographie**
 - Toner
 - Photoleiter
- **für Elektrochromie**
 - redoxaktive Farbstoffe
- **für elektronische Bildanzeige**
 - dichroitische (LCD)-Farbstoffe
 - Lumineszenzfarbstoffe

Funktionelle Farbstoffe und Farbpigmente

- für optische Sensibilisierung

- Sensibilisierungsfarbstoffe für Silberhalogenid-Photographie
- Photokatalysatoren (Photosynthese)
- Singulett-sauerstoff-Sensibilisatoren
- Phototherapeutika

- für nichtlineare Optik

- optische Schalter (Mach-Zehnder-Interferometer)
- Frequenzverdoppler

Funktionelle Farbstoffe und Farbpigmente

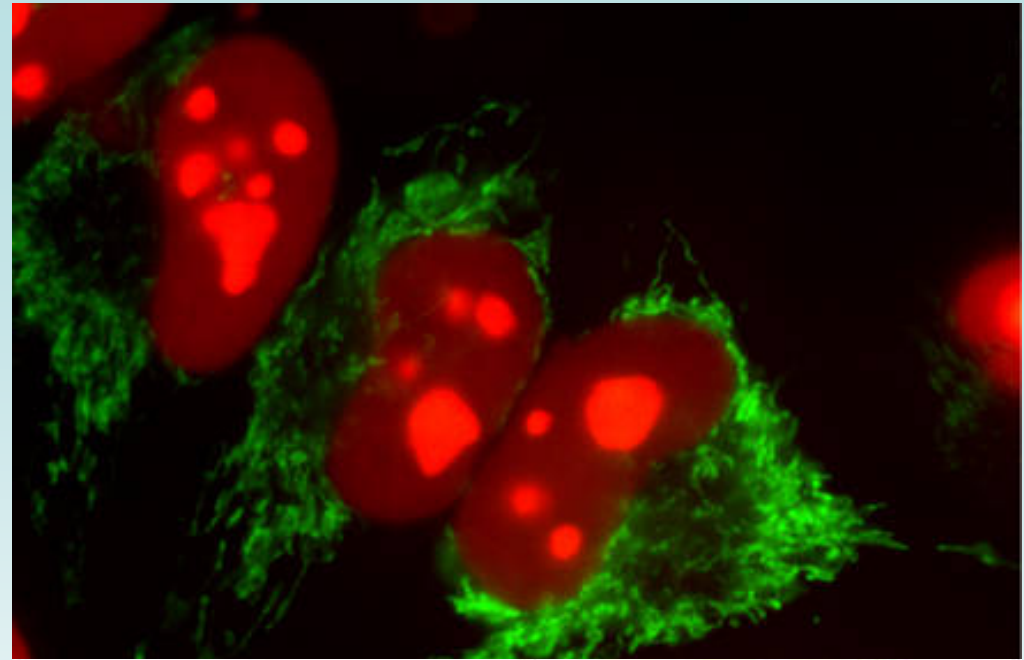
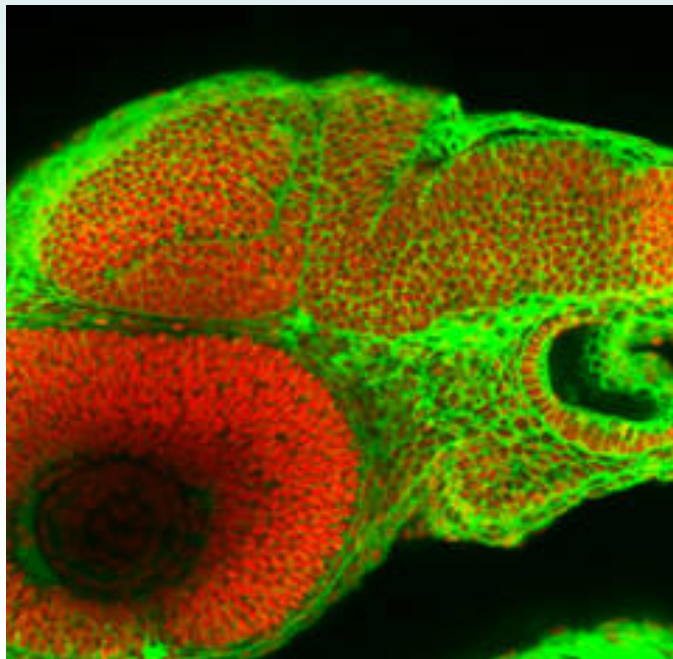
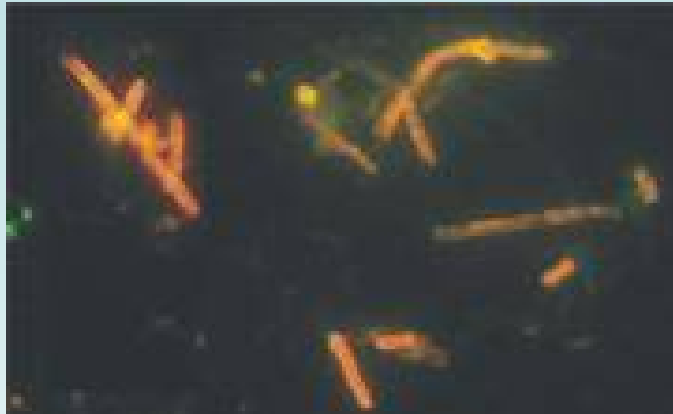
- für Leuchtzwecke

- Optische Aufheller (Blankophor)
- Laserfarbstoffe (Rhodamin)
- elektrolumineszierende Farbstoffe für OLEDs

- für Photovoltaik

- in Grätzel-Zellen
- in pin-Zellen
- in Tandemzellen

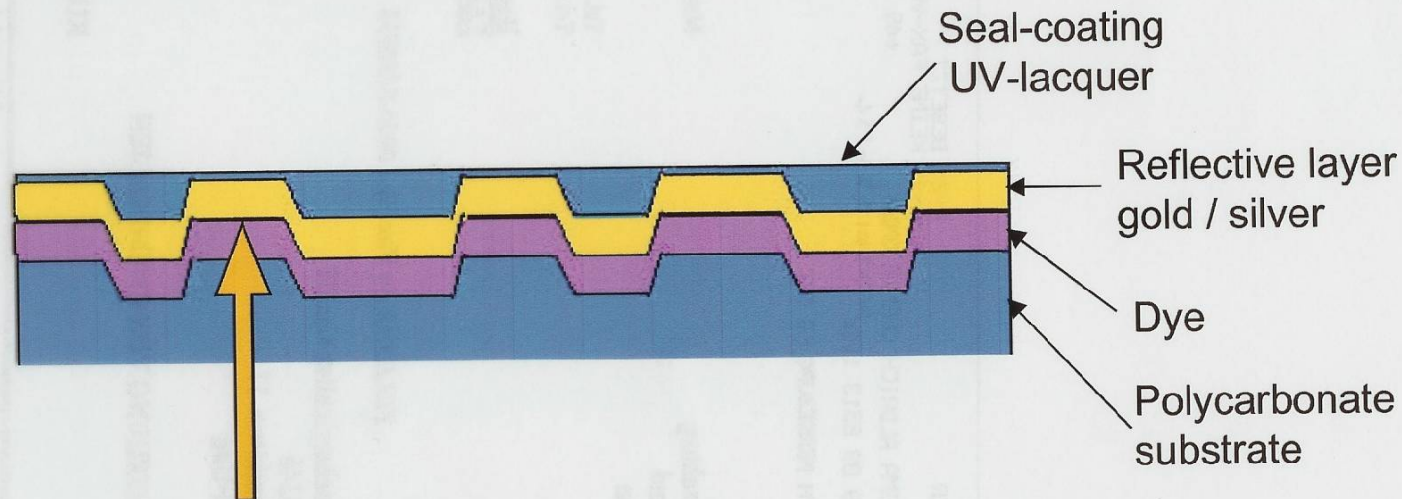
Fluoreszenzmarker in Biologie und Medizin



Konstruktionsprinzip einer CD-R

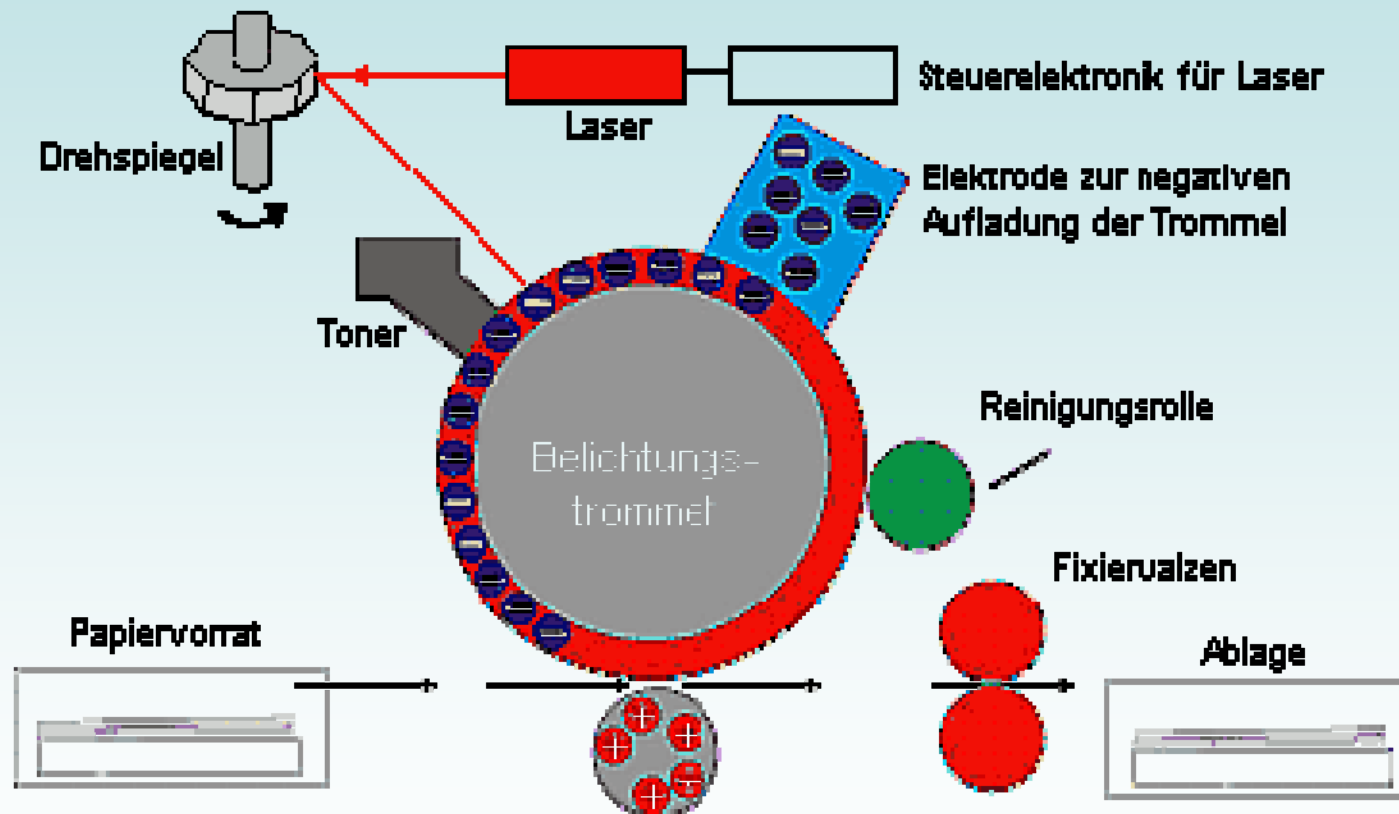


Structure: CD-R



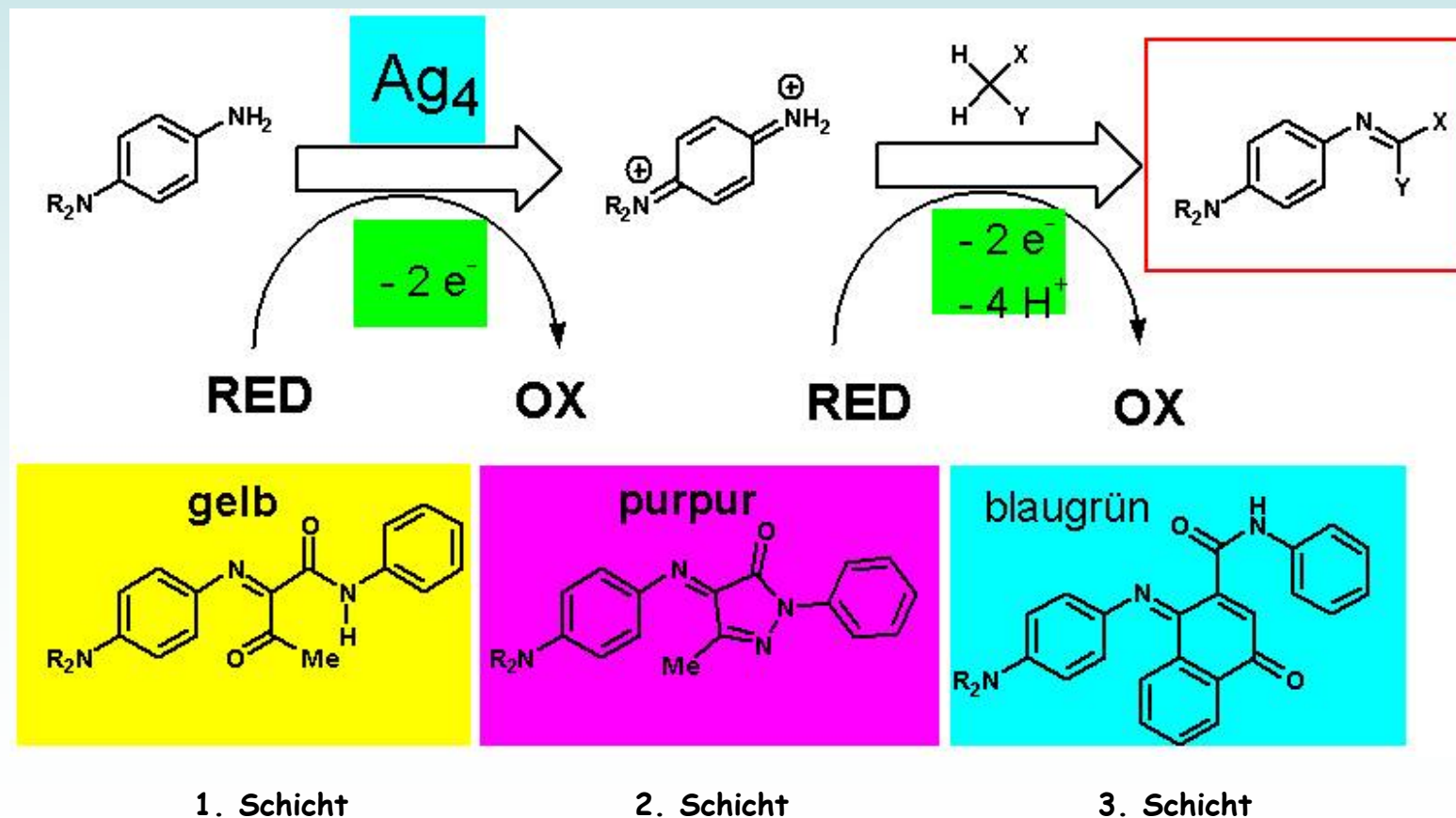
- In comparison to CD-Audio-ROM, CD-R discs require higher precision as well as special equipment and technologies in production.
- As the production process is more complicated, longer cycle times are inevitable.

Funktionsprinzip eines Laser-Printers



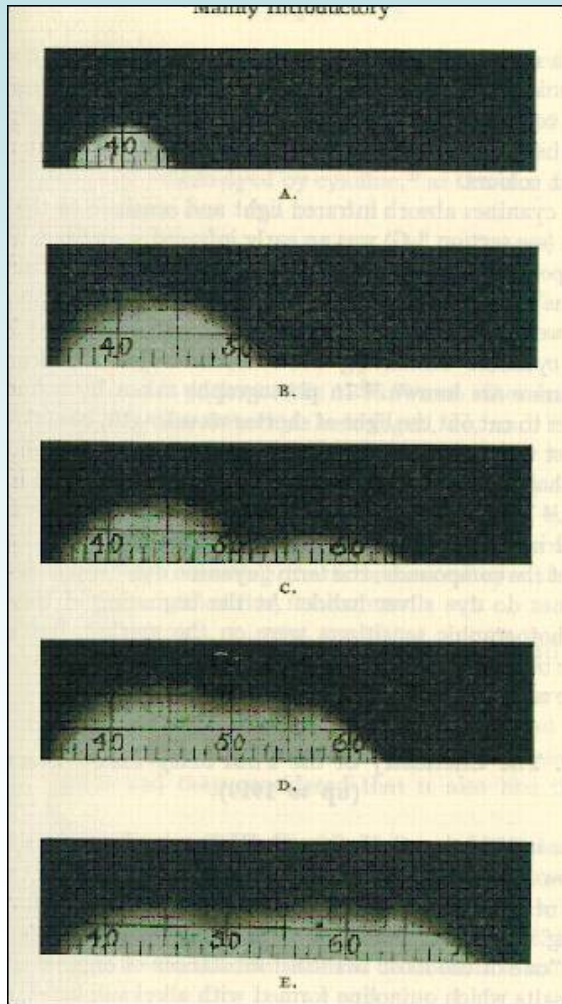
Farbstoffe im photographischen Prozess

Colour-Prozess:



Prinzipien des photographischen Prozesses

Spektrale Sensibilisierung (Vogel 1885)



Silberchlorid-Emulsion, unsensibilisiert

Silberbromid-Emulsion, unsensibilisiert

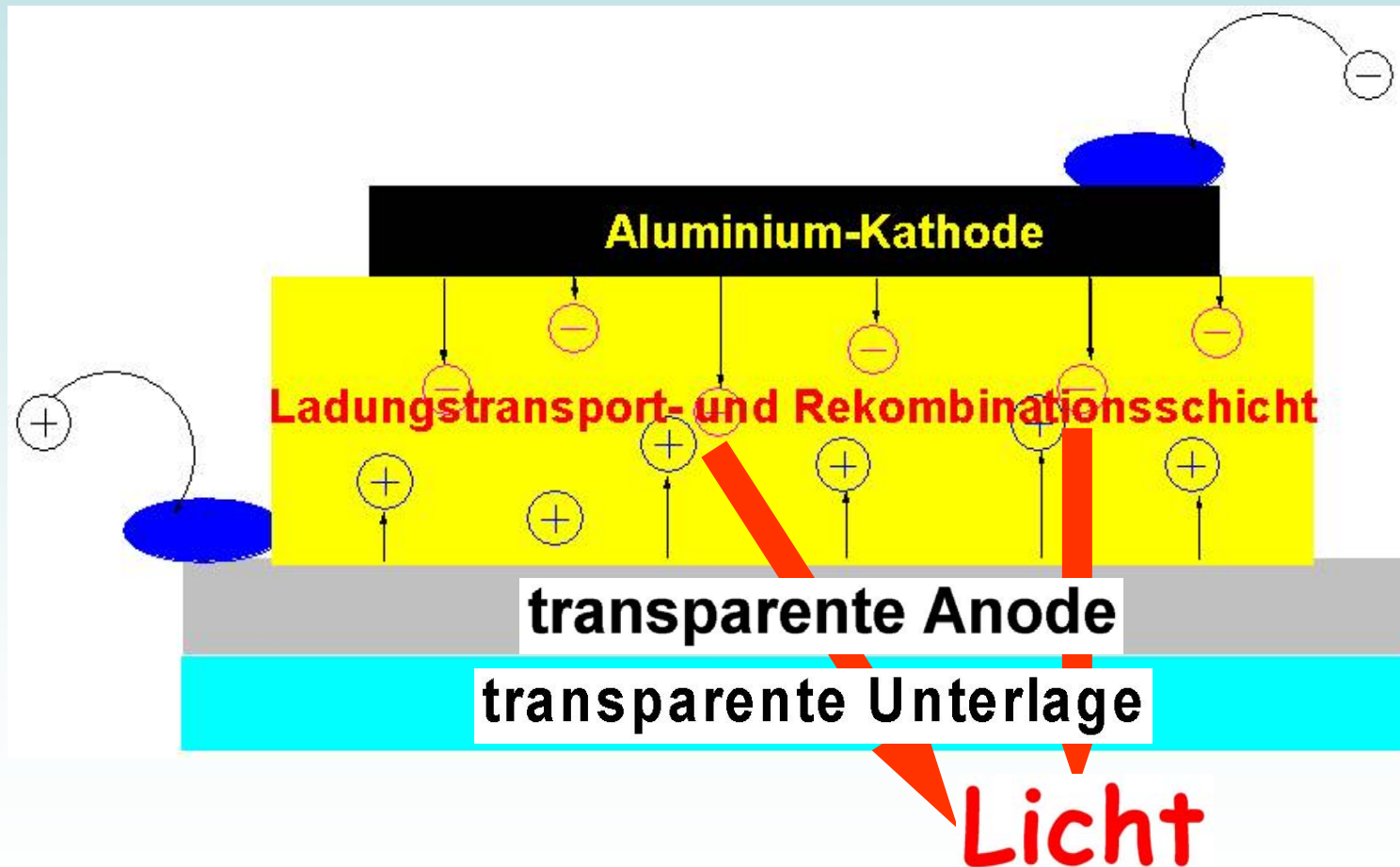
Silberbromid-Emulsion, grün-sensibilisiert

Silberbromid-Emulsion, rot-sensibilisiert

Silberbromid-Emulsion, infrarot-sensibilisiert

Funktionsweise einer Organischen Leuchtdiode (OLED)

Elektrolumineszenz



Solarzelle:

direkte Erzeugung von elektrischen Strom
aus Sonnenlicht



Durch Lichteinstrahlung werden aus einem Farbstoff Ladungsträger freigesetzt, die im umgebenden Halbleiter zu den Elektroden wandern können.

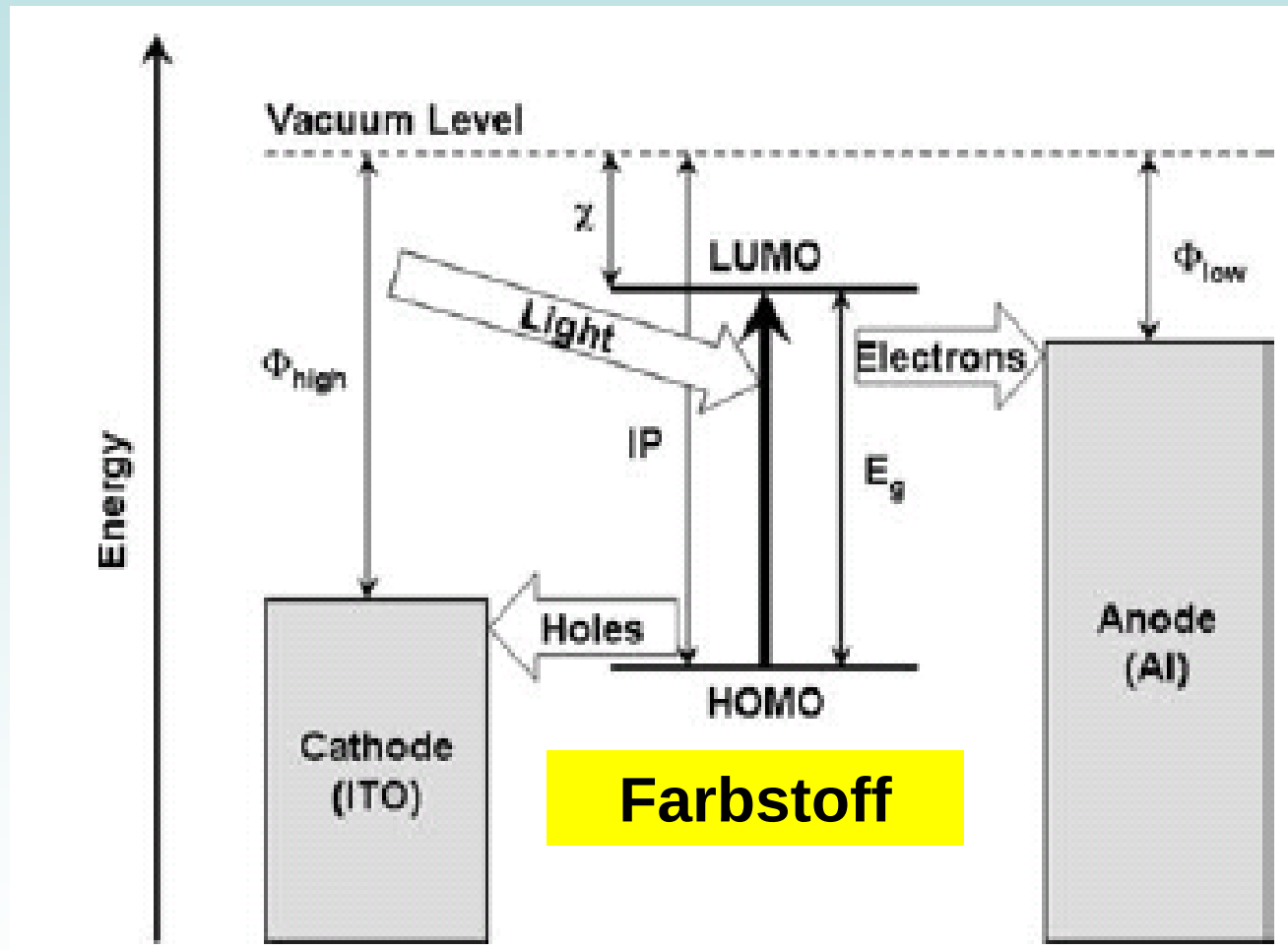
Material- und Bautypen organischer Solarzellen:

- Silizium, einkristallin
- Silizium, polykristallin
- anorgan./organischer Halbleiter (Grätzelzelle)
- organische Halbleiter
 - molekulare Halbleiter
 - polymere Halbleiter

Funktionstypen organischer Solarzellen:

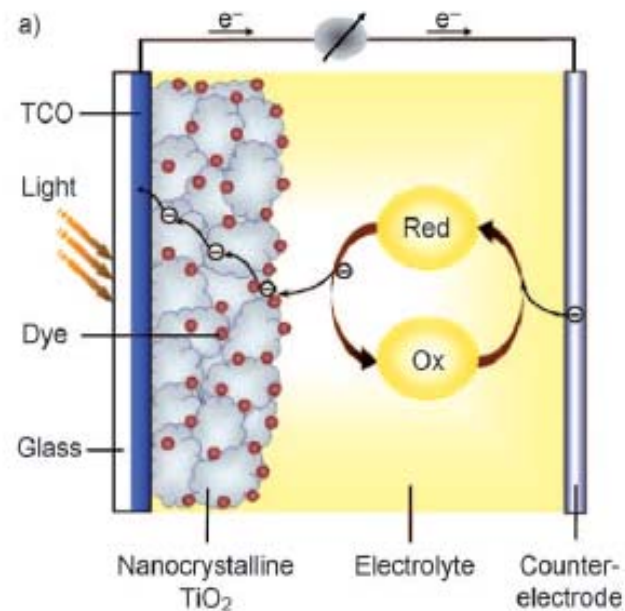
- Einzelzelle
- Tandemzelle

Funktionsprinzip einer organischen Solarzelle

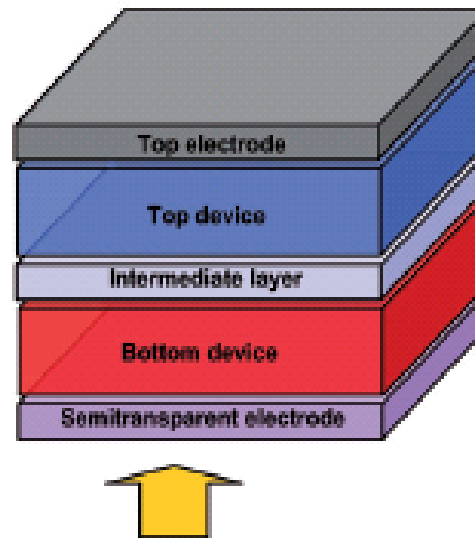


Verschiedene Typen organischer Solarzellen

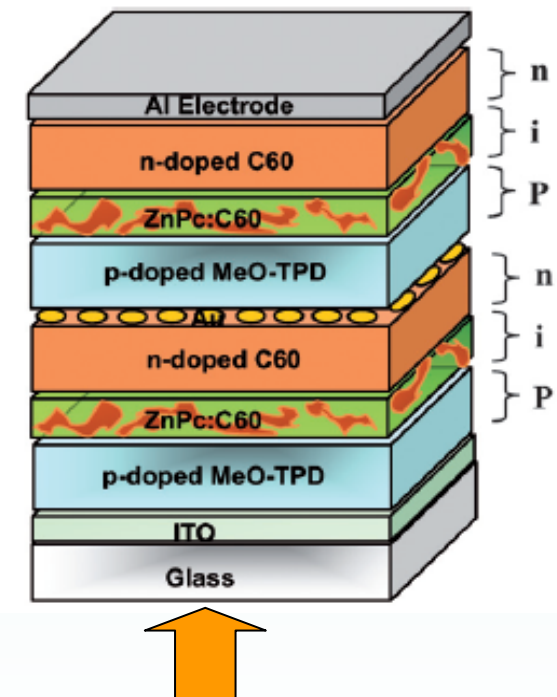
Grätzel cell



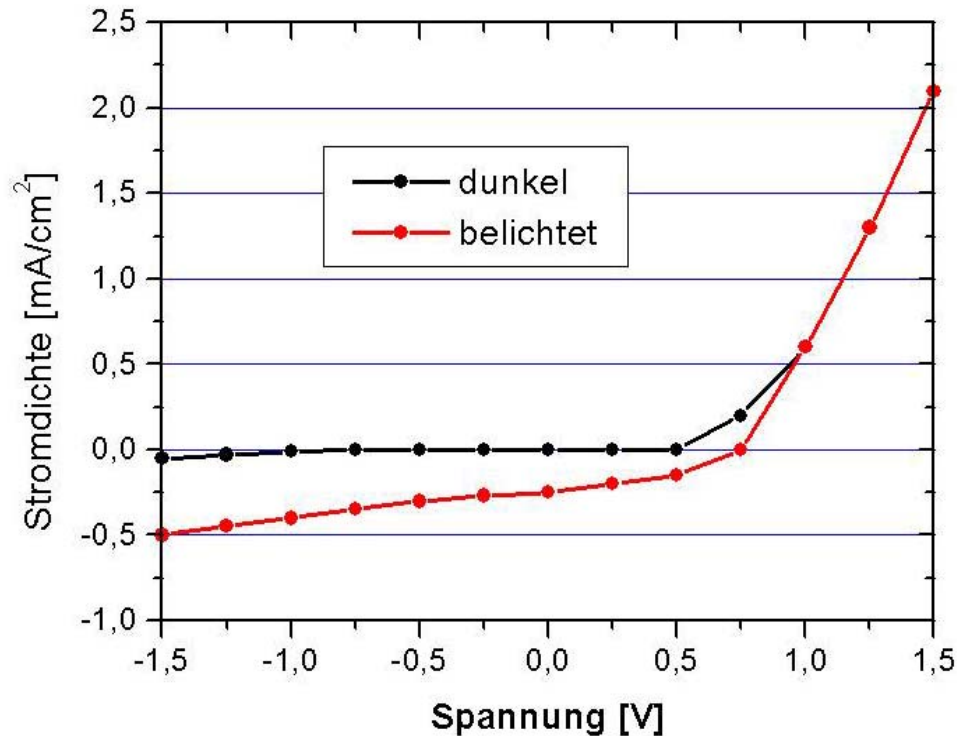
Pin cell



Tandem-pin cell



Technische Daten von Solarzellen



U-I-Kennlinie einer PPV/Fulleren-Solarzelle
 aktive Fläche 50cm²
 Belichtung 6mW/cm² Vollspektrum Fluoreszenzlampe

Wirkungsgrade von Solarzellen:

monokrist. Si (anorg.)	28%
amorph. Si (anorg.)	16%
Grätzelzelle (org.)	10%
TiO ₂ /Farbstoff/Jodid	
org. Polymer/C ₆₀	3%

Eine „Plastik“-Solarzelle
 treibt einen Motor



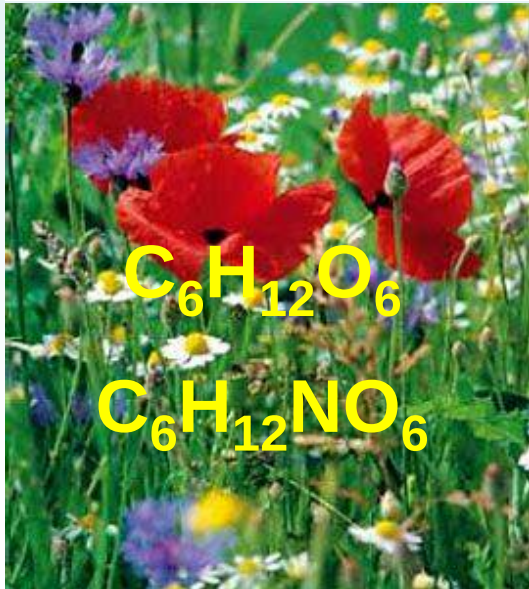
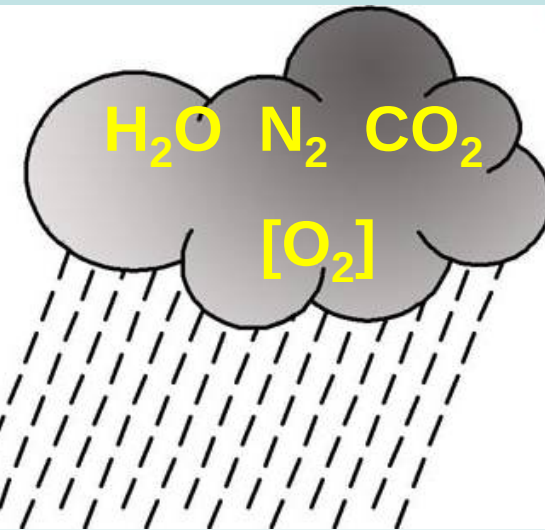
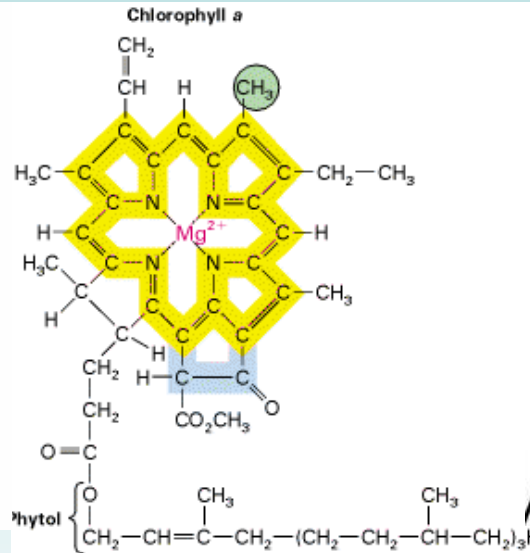
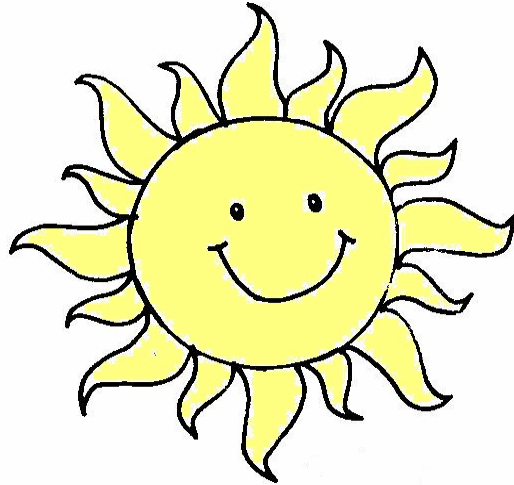
Mit zahlreichen Neuentwicklungen auf dem Gebiet optoelektronischer Systeme wird weltweit eine **nachhaltige Zukunftssicherung** angestrebt.

Organische Farbstoffe und Farbpigmente übernehmen dabei eine entscheidende Schlüsselfunktion

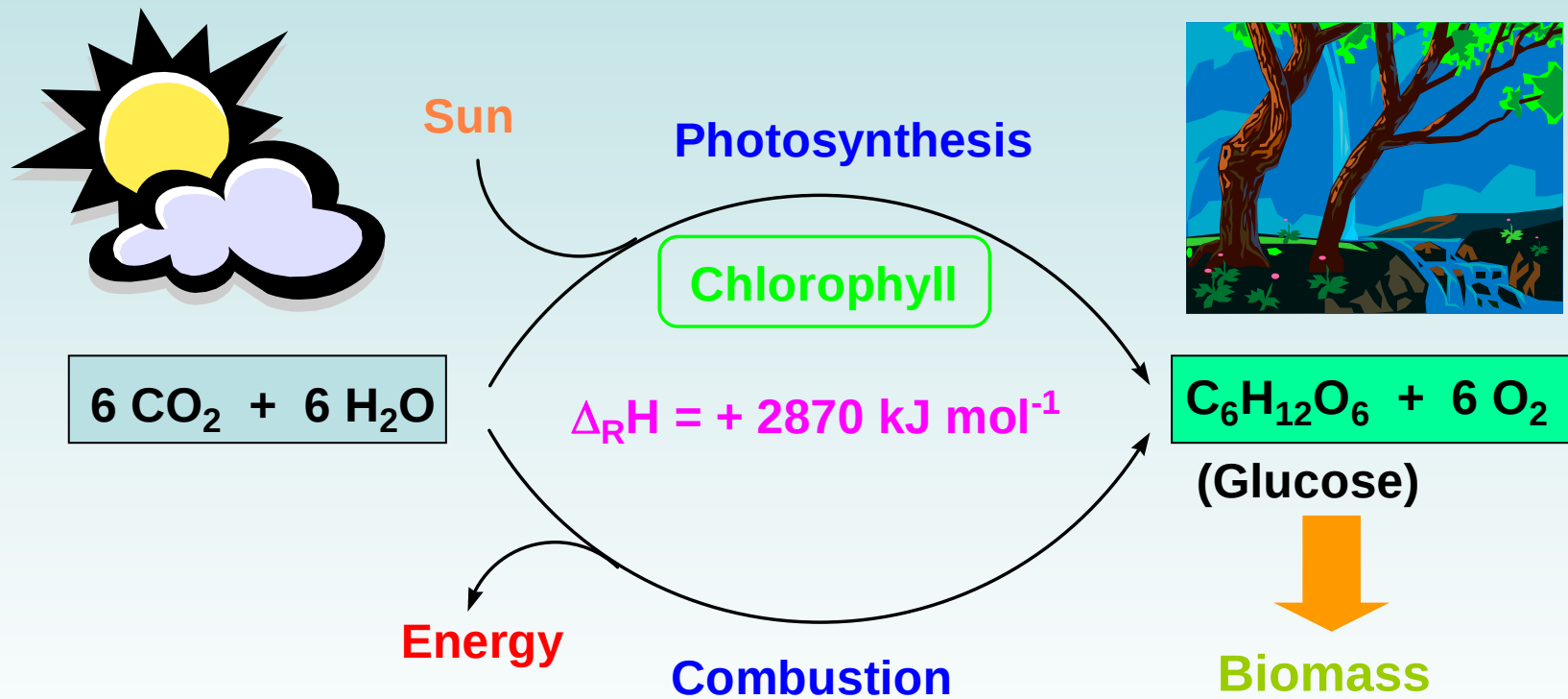


Farbstoffe waren aber auch die grundlegenden Materialien für das Entstehen des Lebens auf unserem Planeten

Photosynthese – Quelle des Lebens



Kohle
Erdöl



Photosynthetic Efficiency: $4 \cdot 10^{18} \text{ kJ/a}$; 0,27 % of the sun light

meine akademischen Lehrer, die mir schon frühzeitig den Weg in die Farbstoffchemie geebnet haben, und all meinen Mitarbeitern, die sich in vielen Jahren mit Engagement und Begeisterung diesem faszinierenden Gebiet gewidmet haben. Danken möchte ich aber auch den vielen Kooperationspartnern aus Industrie und staatlichen Institutionen, die durch ihre finanzielle und materielle Unterstützung unsere Arbeiten meist überhaupt erst möglich gemacht haben.



Dresden



Technische Universität

Indem ich abschließend auch Ihnen, meine Damen und Herren,
herzlich für Ihre geschätzte Aufmerksamkeit danke, möchte ich Sie zu
einem gelegentlichen Besuch der **Historischen Farbstoffsammlung**
der TU Dresden einladen



Kontaktadresse: <farbstoffsammlung@chmie.tu-dresden.de>