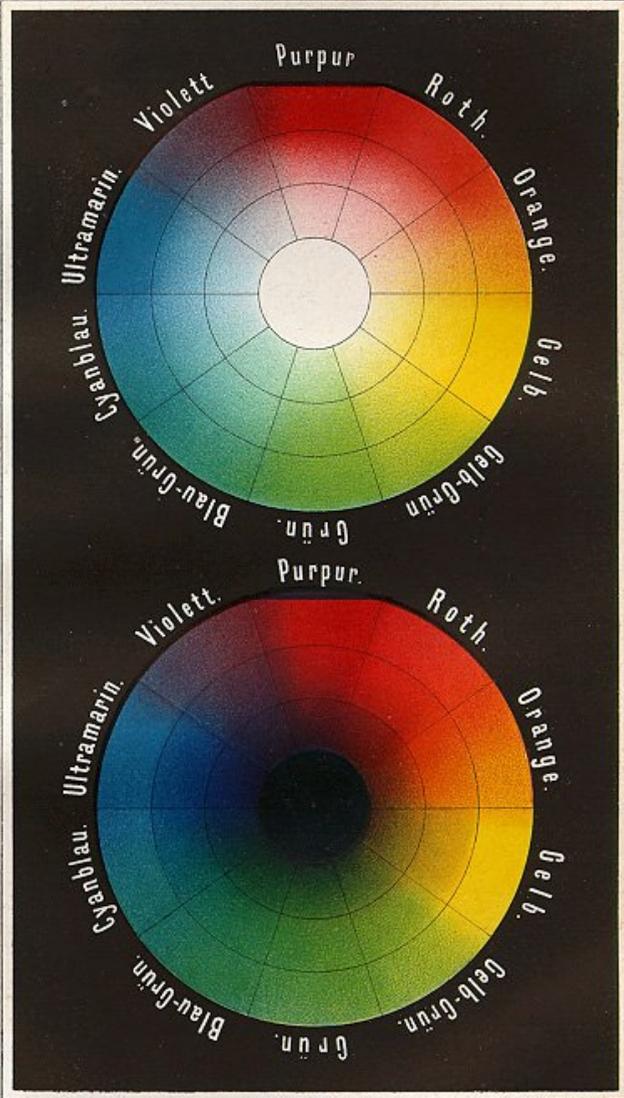


Gudrun Wolfschmidt (Hg.)



# Farben

in Kulturgeschichte und Naturwissenschaft



Chemisch. v. A. Schübe, Berlin.

Drauckdruck, Verlag von G. Neumann.

Farbtafel nach Wilhelm von Bezold (1837–1907), 1874

Nuncius Hamburgensis  
Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften  
Band 18

---

Gudrun Wolfschmidt (Hg.)

# Farben in Kulturgeschichte und Naturwissenschaft



Hamburg: tredition 2011

# Nuncius Hamburgensis

## Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften

---

Hg. von Gudrun Wolfschmidt, Universität Hamburg,  
Geschichte der Naturwissenschaften, Mathematik und Technik  
(ISSN 1610-6164).

*Diese Reihe „Nuncius Hamburgensis“  
wird gefördert von der Hans Schimank-Gedächtnisstiftung.  
Dieser Titel wurde inspiriert von „Sidereus Nuncius“  
und von „Wandsbeker Bote“.*

Wolfschmidt, Gudrun (Hg.): Farben in Kulturgeschichte und  
Naturwissenschaft. Begleitbuch zur Ausstellung in Hamburg 2010–2012  
anlässlich des 50jährigen Jubiläums des IGN.  
Hamburg: tredition (Nuncius Hamburgensis –  
Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften; Band 18) 2011.

*Cover vorne und Titelblatt: Farbkreis nach Johannes Itten (1888–1967) (1961)*

*Frontispiz: Farbtafel nach Wilhelm von Bezold (1837–1907), 1874*

*Cover hinten: Fraunhofer-Spektrum und Design-Sterne (Foto: G. Wolfschmidt)*

Geschichte der Naturwissenschaften, Mathematik und Technik, Universität Hamburg  
Bundesstraße 55 – Geomatikum, D-20146 Hamburg  
<http://www.math.uni-hamburg.de/spag/ign/w.htm>

Dieser Band wurde gefördert von der Schimank-Stiftung.

Das Werk, einschließlich aller seiner Teile, ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung ist ohne Zustimmung des Verlages und des Autors unzulässig. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Verlag: tredition GmbH, Mittelweg 177, 20148 Hamburg  
ISBN 978-3-8424-2200-1 – ©2011 Gudrun Wolfschmidt. Printed in Germany.

# Inhaltsverzeichnis

Vorwort: Farben in Kulturgeschichte und Naturwissenschaft <i>Gudrun Wolfschmidt</i>	13
Grußwort von Detlef Kaack, Landesinstitut für Lehrerbildung, Hamburg	14
PART 1: BEGLEITBUCH ZUM THEMA „FARBEN IN KULTURGESCHICHTE UND NATURWISSENSCHAFT“	17
1 Farben in der Steinzeit – Höhlenmalerei und Tätowierung <i>Ulrike Schuh (Hamburg)</i>	19
1.1 Steinzeitliche Malereien . . . . .	19
1.1.1 Höhlenbilder in Europa: Techniken und Farben . . . . .	20
1.1.2 Themen der Höhlenmalerei . . . . .	21
1.1.3 Interpretationen . . . . .	23
1.2 Tätowierungen . . . . .	25
1.2.1 Einführung . . . . .	25
1.2.2 Techniken und Motive . . . . .	25
1.2.3 Älteste Nachweise . . . . .	27
1.2.4 Ausblicke in die spätere Zeit . . . . .	28
1.2.5 Bedeutung von Tätowierungen . . . . .	30
1.3 Literatur . . . . .	30
2 Farbtheorien in antiken Quellen – Vorsokratiker, Platon, Aristoteles <i>Vasiliki Papari (Hamburg)</i>	33
2.0.1 Einleitung . . . . .	33
2.1 Vorsokratiker . . . . .	33
2.1.1 Empedokles von Akragas (~490~435 v.Chr.) . . . . .	34
2.1.2 Demokrit von Abdera (460–370 v.Chr.) . . . . .	36
2.1.3 Anaxagoras (499-428 v. Chr.) . . . . .	38
2.2 Platon (428/427–348/347 v.Chr.) . . . . .	39
2.3 Aristoteles (384–322 v. Chr.) . . . . .	43
2.4 Zusammenfassung . . . . .	48
2.5 Bibliographie . . . . .	49

3	Farben bei Plinius	
	<i>Solveig Binder (Hamburg)</i>	53
3.1	Plinius der Ältere und seine <i>Naturalis Historiae</i> – Biographie . . .	53
3.2	Werke von Plinius . . . . .	56
3.2.1	<i>Naturalis Historiae</i> . . . . .	56
3.3	Farben bei Plinius . . . . .	57
3.4	Geschichte der Kunst . . . . .	58
3.5	Weiß Pigmente . . . . .	59
3.6	Gelbe Pigmente . . . . .	61
3.7	Rote Pigmente . . . . .	62
3.8	Blaue Pigmente . . . . .	64
3.9	Grüne Pigmente . . . . .	67
3.10	Schwarze Pigmente . . . . .	68
3.11	Schlussbemerkungen . . . . .	69
3.12	Literatur . . . . .	69
4	Pigmente in der Antike – Farbige Statuen und Reliefs	
	<i>Heidi Tauber (Hamburg)</i>	71
4.1	Pigmente . . . . .	71
4.1.1	Aus Tieren erhaltene Pigmente . . . . .	71
4.1.2	Aus Pflanzen erhaltene Pigmente . . . . .	73
4.1.3	Aus Mineralien erhaltene Pigmente . . . . .	73
4.1.4	Künstliche Pigmente . . . . .	76
4.1.5	Enkaustik . . . . .	76
4.1.6	Ganosis . . . . .	77
4.2	Das Malergrab von St. Médard . . . . .	78
4.2.1	Farbenfunde in Pompeji . . . . .	82
4.3	Farbige Statuen und Reliefs . . . . .	82
4.3.1	Der sog. Alexandersarkophag . . . . .	83
4.4	Quellen und Literatur . . . . .	88
5	Physikalische und chemische Veränderungen von Farben in Gemälden	
	<i>Claudia Schmidt (Hamburg)</i>	91
5.1	Einleitung . . . . .	91
5.2	Physikalische und chemische Veränderungen . . . . .	92
5.3	Ungewollte und gewollte Veränderungen früher „Restaurierungen“	96
5.4	Positive wie negative Deutungen und Bewertungen . . . . .	97
5.5	Fazit . . . . .	99
5.6	Literatur . . . . .	100

---

6 Bauhaus, Architektur und Farbe	
<i>Johannes Jeglinski (Hamburg)</i>	103
6.1 Einleitung . . . . .	103
6.2 Der Weg der Farbe am Bauhaus . . . . .	105
6.3 Zusammenfassung . . . . .	109
6.4 Literatur . . . . .	111
7 Subversives Spiel der Farben – das Umkehren der Realität in der Pop-Art	
<i>Cosima Schwarke (Hamburg)</i>	113
7.1 Farben in der Malerei . . . . .	113
7.2 Steht die Welt nun Kopf?! – der Weg in die Moderne bis zur Pop-Art . . . . .	114
7.3 Zwischen Kitsch und Kunst – wann ist ein Kunstwerk ein Kunst- werk? . . . . .	121
7.4 Zum Schluss – Farben, die nicht verblassen . . . . .	123
7.5 Literatur . . . . .	125
8 Bemerkungen zum Ursprung der modernen Farbwissenschaft	
<i>Bernd Wolfram (Wedel)</i>	127
8.1 Newton . . . . .	127
8.2 Drei-Farbenlehre . . . . .	129
8.3 Die visuellen Rezeptoren . . . . .	134
8.4 Thomas Young . . . . .	136
8.5 Farbfehlsichtigkeit . . . . .	138
8.6 Farbmischung . . . . .	140
8.7 Literatur . . . . .	142
9 Farbmeterik, Farbsysteme, Fehlsichtigkeit	
<i>Karl Heinrich Wiederkehr (Hamburg)</i>	145
9.1 Literatur . . . . .	148
10 Farben in der Astronomie – Vom Regenbogen zur Spektroskopie	
<i>Gudrun Wolfschmidt (Hamburg)</i>	151
10.1 Einleitung – Kulturgeschichte des Regenbogens . . . . .	151
10.2 Erste Erklärungsversuche für das Phänomen Regenbogen . . . . .	153
10.3 Isaac Newtons Zerlegung des weißen Lichts in Farben . . . . .	154
10.4 Die Entdeckung des Infraroten und Ultravioletten . . . . .	156
10.5 Joseph Fraunhofer (1787–1827) als Begründer der Spektroskopie	157
10.6 Entdeckung der Spektralanalyse . . . . .	160
10.6.1 Identifikation von Elementen in der Sonne . . . . .	162

10.7	Farbige Sterne . . . . .	164
10.8	Erfolge der Spektralanalyse in der Astronomie . . . . .	166
10.9	Falschfarbenbilder . . . . .	170
10.10	Literatur . . . . .	171
11	Der „Farbenstreit“ Goethe – Newton	
	<i>Harald Goldbeck-Löwe (Großhansdorf)</i>	175
11.1	Der streitbare Goethe . . . . .	175
11.2	Zentrum des Streits: um was ging es Goethe? . . . . .	178
11.3	Schöne Märchen . . . . .	185
11.4	Die Methode der ‚Polemik‘ . . . . .	190
11.5	Beispielhafte Deutungsversuche . . . . .	198
	11.5.1 Paul Feyerabend und Hermann von Helmholtz . . . . .	198
	11.5.2 Albrecht Schöne und Carl Friedrich von Weizsäcker . . . . .	203
	11.5.3 Kurt R. Eissler und Rainer J. Kaus . . . . .	206
11.6	Resumée . . . . .	213
11.7	Literatur und verwendete Abkürzungen . . . . .	215
12	Der Blick durch Goethes Wasserprisma – mit Newtons Augen und Geist	
	<i>Harald Goldbeck-Löwe (Großhansdorf)</i>	219
12.1	Literatur . . . . .	225
13	Röntgen- und Becquerelstrahlen und die Farben	
	<i>Simone Gleßmer (Hamburg)</i>	227
13.1	Einleitung . . . . .	227
13.2	Die Entdeckung . . . . .	228
13.3	Nachfarben und das Chromoradiometer . . . . .	230
13.4	Iodoformlösung . . . . .	233
13.5	Barium-Platin-Cyanür . . . . .	235
13.6	Kienböck-Quantimeter . . . . .	238
13.7	Schlussbemerkung . . . . .	242
13.8	Literaturverzeichnis . . . . .	243
14	Analoge Farbfotografie	
	<i>Harald Goldbeck-Löwe (Hamburg)</i>	247
14.1	Grau oder bunt? . . . . .	247
14.2	Licht und Farbe – physikalische Grundlagen . . . . .	249
14.3	Pioniere der farbigen Fotografie . . . . .	253
14.4	Kommerzialisierung . . . . .	257
14.5	Literatur . . . . .	266

---

15 Professorenklexe – Friedlieb Ferdinand Runge (1794–1867): Entdecker der Teerfarbstoffe und Begründer der Papier-Chromatographie <i>Katrin Cura (Hamburg)</i>	269
15.1 Der Weg zur den Pflanzenfarbstoffen . . . . .	269
15.2 Die Teerfarbstoffe . . . . .	278
15.3 Musterbilder, die sich selber malen . . . . .	283
15.4 Literatur . . . . .	289
16 Farbe, Farbstoffe und Pigmente <i>Solveig Binder (Hamburg)</i>	295
16.1 Allgemeines . . . . .	295
16.2 Farbe . . . . .	296
16.3 Konstitution . . . . .	298
16.4 Farbe und Struktur . . . . .	298
16.5 Triphenylmethanfarbstoffe . . . . .	300
16.6 Azofarbstoffe . . . . .	303
16.7 Indigo- und Anthrachinonfarbstoffe . . . . .	305
16.8 Färbung mit Textilfarbstoffen . . . . .	307
16.9 Farbstoffe in Lebensmitteln . . . . .	309
16.9.1 Lebensmittelfärbung – Gründe . . . . .	309
16.9.2 Gesetze und Verordnungen . . . . .	309
16.9.3 Natürliche Farbstoffe . . . . .	310
16.9.4 Azofarbstoffe in Lebensmitteln . . . . .	310
16.10 Literaturverzeichnis . . . . .	311
17 Textilfärberei mit natürlichen Farbstoffen <i>Rebecca Kittel (Hamburg)</i>	313
17.1 Definition „natürliche Farbstoffe“ . . . . .	313
17.2 Geschichte . . . . .	313
17.3 Färbeverfahren . . . . .	314
17.3.1 Verfahrenstechniken . . . . .	314
17.3.2 Chemische Reaktionstypen . . . . .	315
17.4 Färberpflanzen . . . . .	316
17.4.1 Blaufärbende Pflanzen . . . . .	317
17.4.2 Gelbfärbende Pflanzen . . . . .	319
17.4.3 Rotfärbende Pflanzen . . . . .	320
17.4.4 Braun- und schwarzfärbende Pflanzen . . . . .	321
17.5 Tierische Farbstoffe . . . . .	323
17.5.1 Schildläuse . . . . .	323

17.5.2	Purpurschnecken . . . . .	325
17.6	Schluss . . . . .	326
17.7	Literaturverzeichnis . . . . .	327
18	Colour Vision and the Observer – Die Retinex-Theorie von Edwin Land <i>Ralph Brückner (Hamburg)</i>	329
18.1	Aktives Sehen . . . . .	329
18.2	Filter-Effekte: Wer war Edwin Land? . . . . .	333
18.3	Lands Farb-Experimente und die Retinex-Theorie . . . . .	338
18.3.1	Zwei-Farben-Projektion – Neue Farben im Schwarz-Weiß- Bild . . . . .	343
18.3.2	Mondrian-Experimente: Die Farbkonstanz unseres Sehens	348
18.3.3	Der Retinex-Algorithmus und die Entstehung der Farben im Gehirn . . . . .	350
18.4	Die Wiederentdeckung des Subjekts . . . . .	360
18.5	Literatur . . . . .	379
19	Farbwahrnehmung bei Mensch und Tier <i>Rebecca Kittel (Hamburg)</i>	389
19.1	Wie nehmen wir Farbe(n) wahr? . . . . .	389
19.2	Das Auge . . . . .	389
19.3	Wirbeltiere . . . . .	390
19.4	Mensch . . . . .	392
19.5	Wirbellose Tiere . . . . .	394
19.6	Farben der Nacht . . . . .	394
19.7	Wozu brauchen wir die Vielzahl von Farben? . . . . .	397
19.8	Literaturverzeichnis . . . . .	398
20	Kulturelle Bedeutung von Farben (Ethnologie) <i>Yasmin Bomberka (Hamburg)</i>	401
20.1	Einleitung . . . . .	401
20.2	Farbtheorie . . . . .	401
20.3	Farbsymbolik . . . . .	403
20.4	Bedeutung der Farbpsychologie . . . . .	405
20.5	Vergleiche der Farbsymboliken verschiedener Kulturen . . . . .	407
20.6	Fazit . . . . .	409
20.7	Literatur . . . . .	409

21	Flaggen und Nationalfarben - Überlegungen zur Farbsymbolik	
	<i>Leif Gütschow (Hamburg)</i>	411
21.1	Einleitung . . . . .	411
21.2	Vexillologie – die Wissenschaft der Fahnen- und Flaggenkunde	412
21.3	Flaggenfamilien . . . . .	412
21.4	Vertikale Trikoloren: Frankreich, Italien und Irland . . . . .	413
21.5	Bedeutungszuschreibungen und Symbolgehalt . . . . .	416
21.6	Zusammenfassung . . . . .	418
21.7	Bibliographie . . . . .	419
22	Katalog zur Ausstellung „Farben“	
	<i>Gudrun Wolfschmidt (Hamburg)</i>	421
PART 2: KATALOG: FARBEN IN KULTURGESCHICHTE UND NATURWISSENSCHAFT		423
Vor- und Frühgeschichte, bei den Frühen Hochkulturen und in der Klassischen Antike		
		425
1.1	Farben in der Steinzeit und Bronzezeit . . . . .	426
1.2	Frühe Hochkulturen: Ägypten und Mesopotamien . . . . .	430
1.3	Farben in der Klassischen Antike . . . . .	435
Farben im Mittelalter		
		449
2.1	Buchmalerei im Mittelalter, Codices . . . . .	450
2.2	Mittelalter: Glas, Mosaik, Tafelmalerei, Kunstgewerbe . . . . .	458
2.3	Farbe in der Architektur . . . . .	467
Farben in der modernen Kunst und Architektur		
		475
3.1	Moderne Malerei und Glas-Kunst . . . . .	476
3.2	Farbkreise und Farbsysteme – Bauhaus . . . . .	483
3.3	Farbe im Kunstgewerbe und in der modernen Architektur . . . . .	488
Farben in der Astronomie und Physik		
		499
4.1	Farben in der Astronomie . . . . .	500
4.2	Farben in der Physik (Optik) und Physiologie . . . . .	510
4.3	Farbe, Licht und Wellenlänge . . . . .	517
Farben in der belebten Natur		
	<i>Stefan Kirschner</i>	525
5.1	Ethologische Funktionen von Farben . . . . .	526
5.1.1	Farben als Signale bei der Balz und Partnerwahl . . . . .	526

5.1.2	Tarnfarben . . . . .	527
5.1.3	Schrecktrachten . . . . .	527
5.1.4	Warltrachten . . . . .	527
5.1.5	Signalwirkung von Blütenfarben . . . . .	527
5.2	Exponate zu „Farben in der belebten Natur“ . . . . .	529
Farben in der Chemie, Mathematik und in den Geowissenschaften		533
6.1	Natürliche Farben – Biologie und Mineralogie . . . . .	534
6.2	Friedlieb Ferdinand Runge – Teerfarbstoffe und Papier-Chromatographie (Katrín Cura) . . . . .	545
6.3	Farben in der Chemie – künstliche Farben . . . . .	550
6.4	Mathematik und Farbe . . . . .	562
6.5	Farben in den Geowissenschaften (Meteorologie, Geologie) . . .	564
Farben in der Technik, Informatik und beim Spielzeug		573
7.1	Signalfarben in der Technik . . . . .	574
7.2	Farben in der Informatik, Drucktechnik (CMYK), Fotografie, Film, Fernsehen (RGB) . . . . .	576
7.3	Spielzeug . . . . .	584
Farben in der Ethnologie – Symbolik der Farben		593
8.1	Die Symbolik der Farben . . . . .	594
8.2	Ethnologie . . . . .	601
Literatur zum Katalog		617
Autoren		625
Anhang: Leihgeber für die Ausstellung		635
11.1	Leihgeber: Personen . . . . .	635
11.2	Leihgeber: Institutionen . . . . .	636
11.2.1	Helfer bei der Ausstellung . . . . .	637
Abbildungsverzeichnis		639
Nuncius Hamburgensis		650
Personenindex		655

## Vorwort

Warum ist der Himmel blau und bei Sonnenuntergang rot? Warum sind die Blätter grün? Farben prägen überall unser Leben. Wir leben in einem visuellen Zeitalter. Sind die Grundfarben Rot-Grün-Blau (RGB) oder Gelb, Rot, Blau (YMC)?



Abbildung 0.1:  
Sichtbares Spektrum

*„Die Menschen empfinden im Allgemeinen eine große Freude an der Farbe. Das Auge bedarf ihrer, wie es des Lichtes bedarf.“*  
(Goethe: Zur Farbenlehre, 1810)

2010 feiert die Geschichte der Naturwissenschaften, Mathematik und Technik der Universität Hamburg ihr 50jähriges Jubiläum – Goethes Farbenlehre erschien vor 200 Jahren.

*„Zum Leben braucht der Mensch die Farbe. Sie ist ein ebenso notwendiges Element wie das Wasser und das Feuer.“* (Fernard Léger)

Das Thema Farben (z. B. Pigmente, Maltechnik, Farbtheorien, Spektralfarben) ist sehr interdisziplinär – zwischen Geistes- und Naturwissenschaften – wie auch die Geschichte der Naturwissenschaften.

Dies spiegelt sich auch im Inhalt des Buches und an der Gliederung der Ausstellung. Einerseits werden Farben von der Steinzeit, über die Frühen Hochkulturen bis zur Antike sowie Farben in der Kunst und Kulturgeschichte präsentiert, andererseits werden Farben in den Naturwissenschaften (Astronomie, Physik, Chemie, Biologie und Geowissenschaften) sowie in der Mathematik, aber auch Farbwahrnehmung in der Physiologie, Neurophilosophie und Psychologie behandelt.

Gudrun Wolfschmidt

## Grußwort vom Landesinstitut für Lehrerbildung und Schulentwicklung Hamburg

*Detlef Kaack*

Farben sind ein Paradebeispiel dafür, dass naturwissenschaftliche Konzepte durchaus auch Aspektcharakter haben, also nicht die einzig mögliche Sichtweise sind, die ein Phänomen bzw. einen Wissenschaftszweig nützlich zu beschreiben vermag. Am Thema Farben kann also sehr schön die naturwissenschaftliche Sichtweise herausgearbeitet werden, die Art und Weise, in der man in der Physik Theorien und Modelle erarbeitet und wie man damit umgeht. Hier spielen Logik und mathematische Beschreibungen die zentrale Rolle, so wie der Einklang mit allen anderen Bereichen der Naturwissenschaft.

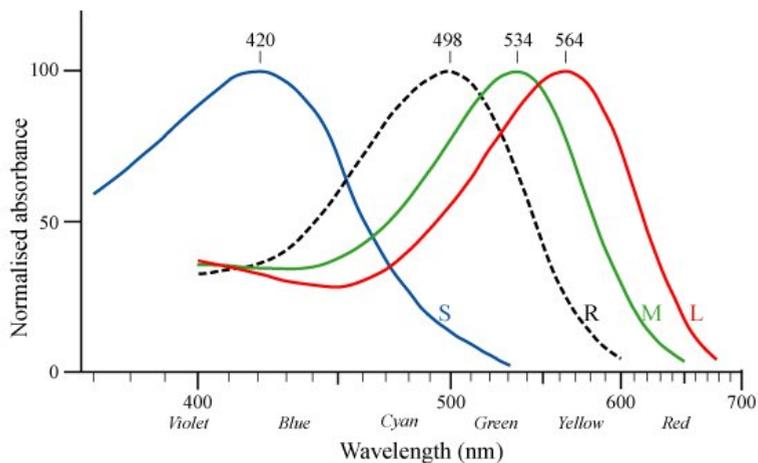


Abbildung 0.2:  
Absorptionskurven der drei Zapfenpigmente

In der Biologie ist neben Fotoreaktionen wie der Photosynthese, bei der auch bestimmte Farben eine Rolle spielen, ein wichtiger Bereich die Wahrnehmung des Lichts im Auge. Hier zeigt sich, dass nur drei Rezeptortypen eine Farb wahr-

nehmung ermöglichen. Die Mischung dieser Signale interpretiert das Gehirn als Farbe. Welche Ursache damit zu welchem Eindruck führt, ist naturwissenschaftlich kaum zu beschreiben. Hier entsteht ein Freiraum für eine Farbenlehre, die sich eher auf das interpretierende Gehirn bezieht. Hier würde ich die Farbenlehre von Goethe sehen, als Gegenpol zur rein physikalischen Erklärung, die die subjektiven Farbeindrücke bei Mischfarben nur schlecht zu beschreiben vermag. Fell- und Hautfarbe und ihre Funktionen und Konsequenzen sind weitere Aspekte in der Biologie.

In der Chemie sind es die Farbstoffe, Pigmente und der Effekt der Flammenfärbung, woran man sehr schön die Wirkung und Ursache durch eine naturwissenschaftliche Erklärung beschreiben kann: Lichtabsorption oder -emission durch Energiesprünge von Elektronen in Atom- oder Molekül-Orbitalen. Die industrielle Produktion von Farbstoffen, Pigmenten und Farben und ihre Eigenschaften und Beständigkeit sind weitere Themen der Chemie.

Und dann der fächerübergreifende Aspekt unserer „bunten“ Welt: Kunst, Design, Mode, Werbung, Medien. Es gibt kaum Bereiche, die nicht betroffen sind. Das Sehen ist für uns Menschen der wichtigste Sinn! Nach der Helligkeit ist die Farbe das wichtigste Element.

Ich empfehle den Kolleginnen und Kollegen im Schulunterricht, dieses Thema als Fächer verbindendes Element zu nutzen. Unsere aktuellen Rahmenlehrpläne in Hamburg sind so verfasst, dass im Rahmen des kontextorientierten Kompetenzerwerbs Themen wie diese hervorragend genutzt werden können, um an die Alltagswelt der Lernenden anzuknüpfen und fachliche Inhalte aus verschiedenen Fachbereichen darüber zu erarbeiten. Es interessiert uns alle.

Detlef Kaack,  
Fortbildung Physik,  
LI Hamburg