

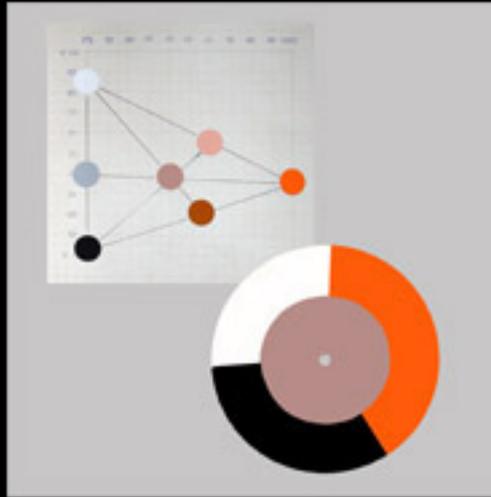
Modul 4/1

The logo for Edition Bendin features a horizontal bar with a black background on top and a white background on the bottom. The bar is decorated with vertical stripes of various colors: purple, pink, red, yellow, green, and blue. The word "edition" is written in white lowercase letters on the black background, and the word "bendin" is written in black lowercase letters on the white background.

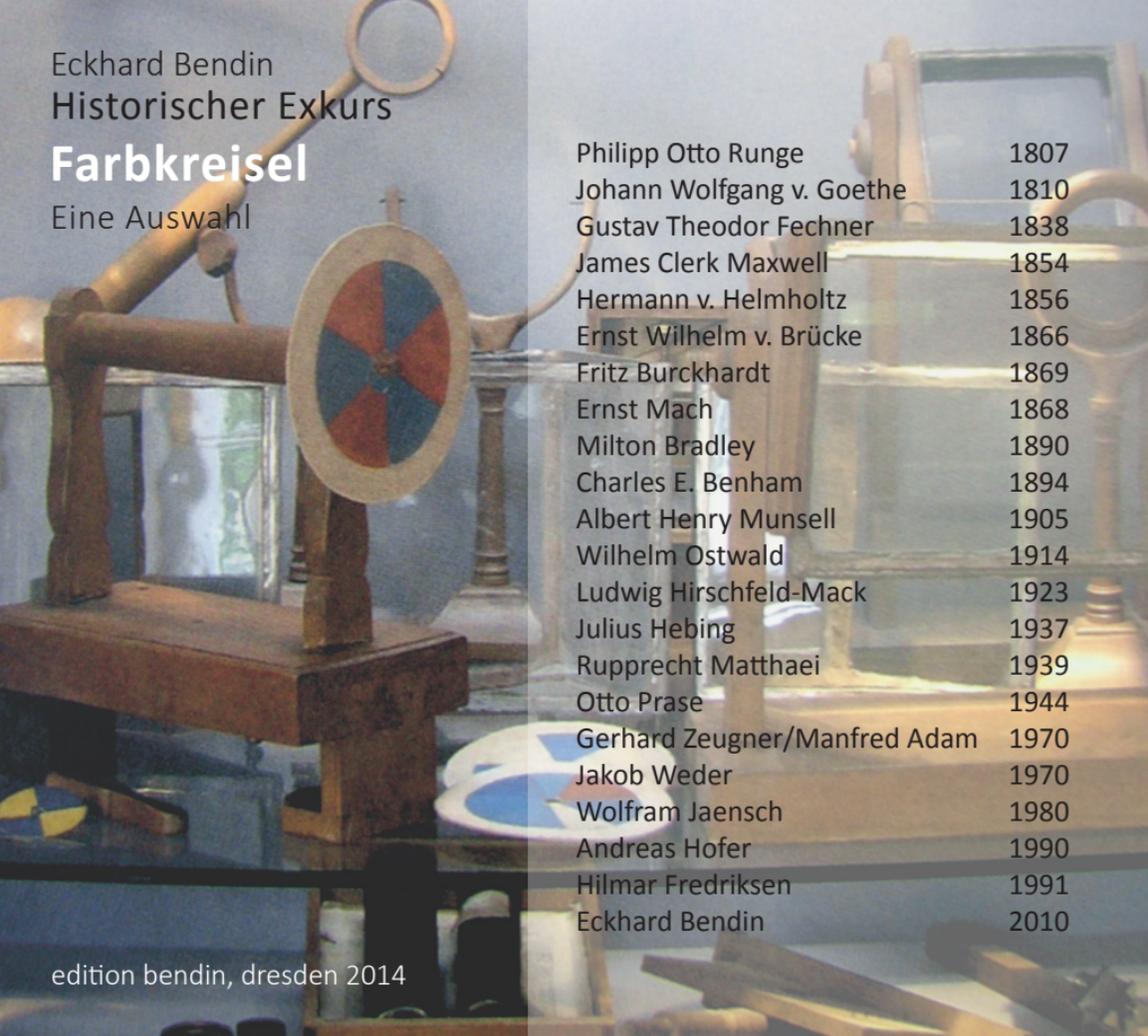
edition  
bendin

Beiträge zur Farbenlehre

Eckhard Bendin



Historischer Exkurs Farbkreis



Eckhard Bendin  
Historischer Exkurs

# Farbkreisel

Eine Auswahl

Philipp Otto Runge	1807
Johann Wolfgang v. Goethe	1810
Gustav Theodor Fechner	1838
James Clerk Maxwell	1854
Hermann v. Helmholtz	1856
Ernst Wilhelm v. Brücke	1866
Fritz Burckhardt	1869
Ernst Mach	1868
Milton Bradley	1890
Charles E. Benham	1894
Albert Henry Munsell	1905
Wilhelm Ostwald	1914
Ludwig Hirschfeld-Mack	1923
Julius Hebing	1937
Rupprecht Matthaei	1939
Otto Prase	1944
Gerhard Zeugner/Manfred Adam	1970
Jakob Weder	1970
Wolfram Jaensch	1980
Andreas Hofer	1990
Hilmar Fredriksen	1991
Eckhard Bendin	2010

Rotierende Scheiben lösen beim Betrachter durch die optische Mischung der visuellen Reize bestimmte Lichtempfindungen aus und können auf diese Weise grundlegende Phänomene und Gesetzmäßigkeiten der Helligkeits-, Farb- und Bewegungswahrnehmung unmittelbar und besonders eindringlich veranschaulichen. Der Betrachter muss im Wahrnehmungsakt die schnell wechselnden, periodisch eintretenden Reize- d.h. wechselnde Helligkeiten, Farben, Konturen, Figuren und Bewegungen- simultan und sukzessiv erfassen und komplex verarbeiten. So können auf experimentellem Wege nicht nur optische Farbmischungen und ‚freie‘ Farben (Farberscheinungen ohne eindeutigen Raumbezug) demonstriert, sondern allein aus Schwarz-Weiß-Vorlagen auch die verblüffenden ‚subjektiven‘ Farben erzeugt werden.

Die Reihe derer, die in den vergangenen Jahrhunderten mit rotierenden Scheiben experimentiert haben, reicht von Philipp Otto Runge und Johann Wolfgang von Goethe über Gustav Theodor Fechner, James Clerk Maxwell, Hermann v. Helmholtz, Ernst Mach, Charles Benham, Albert Henry Munsell, Wilhelm Ostwald, Otto Prase oder Jakob Weder bis in die Gegenwart zu Künstlern wie Wolfram Jaensch oder Andreas Hofer. Durch die historisch gesammelten Erfahrungen wurden uns wertvolle Erkenntnisse vor allem über die Vorgänge des Sehens vermittelt, beispielsweise liegen der Young-Helmholtz'schen Theorie des trichromatischen Sehens Maxwells Kreiselexperimente zugrunde. Der nachfolgende Exkurs zur Geschichte der Farbkreisel will mit einer Auswahl von Beiträgen aus den letzten 200 Jahren dazu beitragen, die Relevanz von Kreiselversuchen für Theorie und Praxis und die Entwicklungsgeschichte in Wissenschaft und Bildung zu belegen.

Kreiselscheiben wurden bisher nicht nur für experimentelle und didaktische Zwecke in der Wahrnehmungs- und Gestaltungslehre genutzt, sondern dienen bis heute z. B. auch der farbmetrischen Bestimmung von Instrumenten zur Farbgestaltung, d.h. zur Eichung von Farbkarten, Farbkörpern, Farborgeln oder Farbklavaturen.

Als einfach handhabbare, didaktisch variable Instrumente zur Erprobung und Darstellung verschiedenartiger visueller Situationen bieten sich Kreiselscheiben auch heute für Experimente geradezu an und können besonders an Bildungseinrichtungen das Erfahren und Verstehen der Genese und Mannigfaltigkeit von Farberscheinungen befördern.

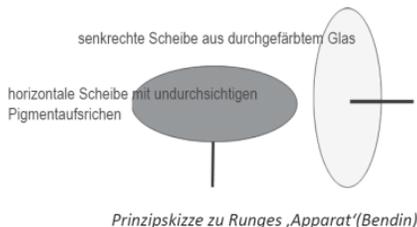
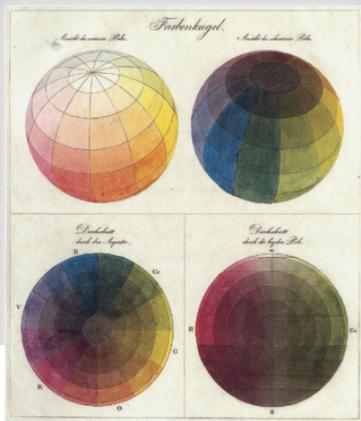
## Philipp Otto Runge 1807/1808

Kreisel-'Apparat' (nach Maltzahn 1940, 69 bis 83 bzw. Matile 1979, 186 ff)

Philipp Otto Runge hoffte wie Goethe, die Pigment- und Kreiselfarbenmischung auf ein gemeinsames Gesetz zurückführen zu können, erahnte aber bereits den Unterschied zwischen der optischen Mischung ‚undurchsichtiger Farbenverhältnisse‘ zu Grau und ‚durchsichtiger, klarer‘ Farben zu ‚farbloser Klarheit‘. Er untersuchte dies bereits mithilfe eines besonderen Apparates.

*„Durch dieses Experiment bin ich nun gewissermaßen zur Besinnung gekommen, wie sich meine Ansicht der Farbe überhaupt zu andern Ansichten verhält. So wie ich sie nämlich habe nehmen wollen und noch nehme, ist es immer in Beziehung auf die Substanzen, die einmal als Farbe da sind und insofern auch wohl in Hinsicht der ganzen Erscheinung....Wie nun die eine Ansicht zu erforschen sucht, wie aus dem Licht und bloß durchs Licht alle Erscheinung entspringt, so sucht die andere, wie alles, was erscheint, in den Ursprung zurückkömmt.“*

Ph. O. Runge an Goethe (Maltzahn, S. 83)



## Johann Wolfgang v. Goethe 1810

„Schwungrad“ mit Kreiselscheiben (Zur Farbenlehre, Didakt. Teil, § 561, Mischung. Scheinbare)

*„ Unter dem Apparat wird künftig auch das Schwungrad abgehalten werden, auf welchem die scheinbare Mischung durch Schnelligkeit hervorgebracht wird. Auf einer Scheibe bringt man verschiedene Farben nebeneinander an, dreht dieselben durch die Gewalt des Schwunges...und kann so...alle möglichen Mischungen vor Augen stellen, so wie zuletzt auch die Mischung aller Farben zum Grau...“*

Im Gegensatz zu Runge erkannte Goethe aber noch nicht den Unterschied zwischen der optischen Mischung ‚undurchsichtiger‘ Farben zu Grau und ‚durchsichtiger‘ Farben (sogen. ‚raumerfüllender‘ Farben) zu Weiss.

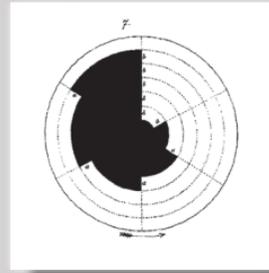


# Gustav Theodor Fechner 1838

Über eine Scheibe zur Erzeugung subjektiver Farben.

In: Poggendorfs Annalen der Physik und Chemie 1838

Fechner bezeichnete und beschrieb als Erster eingehend die beim langsamen Rotieren schwarz-weiß gemusterter Kreisscheiben zu beobachtenden Farberscheinungen als ‚subjektive Farben‘, da sie von verschiedenen Beobachtern nicht in gleicher Weise farbig bzw. deutlich gesehen werden. Zuvor gab es bereits Hinweise durch den französischen Mönch Benedict Prevost; ebenso bemühte sich 1894 der englische Physiker und Spiele-Erfinder Charles Benham darum, mit Hilfe besonderer Muster auf rotierenden Scheiben subjektive Farben zu erzeugen. Das Phänomen wird deshalb heute auch als ‚Prevost-Fechner-Benham-Effekt‘ bezeichnet. (siehe Benham)



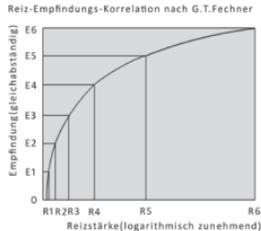
227

III. Ueber eine Scheibe zur Erzeugung subjektiver Farben; von G. T. Fechner.

Es ist vor Kurzem bekannt, daß man durch Drehung einer mit Farben in angemessener Weise bemalten Scheibe Weiß oder Grau erzeugen kann. Schatz scheint es mir, daß man ein Phänomen noch nicht wahrgenommen, was gewissermaßen die Umkehrung des vorigen ist. Durch man rührt eine mit einer Abtheilung von Weiß und Schwarz bedeckte Scheibe, so erscheint Farben. Ich machte diese Beobachtung zuerst im März. Ich habe nun, um durch Drehen einer Scheibe verschiedene Abtheilungen von Grau zu erzeugen, eine Poggendorfsche von 18 Par-

ten fertigen lassen, welche in 18 gleich breite n Kränze getheilt war. Der innere war für die äußere enthält 26 Grade, der folgende 24 Grad u. s. f., so daß also der äußere weiß war. Fig. 7 Taf. III zeigt diese Anordnung für Maß T. Erzeugen sehr wichtige schwarze Figur ist, wenn man von der (bei Eintheilung in unendlich viele Kreisstücke) unendlich kleinen Spirale. Als man diese rotirte wurde, war ich entsetzt, anzusehen Abtheilung Glanz, vielmehr allenthalben von der Mitte ausgeht, so wie man die Beschaffenheit der abtheilung sich ändernde Farben wahrnahm. Die man dazu war nicht von starker jedoch nicht ohne Lebhaftigkeit waren. Ich habe vielen Personen gezeigt, und selbst als es von ihnen mit einer ungleichen Erzeugung wird, was auch in Hinsicht auf Erzeugung nicht erfolglos sein kann. Die Farben bilden, Andow verwechseln etc.

Mithilfe der später durch Fechner auch beschriebenen ‚Reiz-Empfindungs-Relation‘ strukturierte Wilhelm Ostwald unter Verwendung logarithmisch gestufter Kreiselsektoren seine ‚farbtongleichen Dreiecke‘ (Abb. unten > siehe Ostwald).



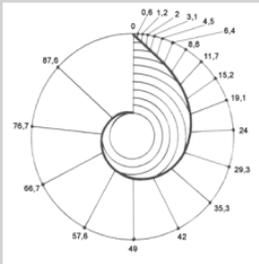
Das nach Fechners Reiz-Empfindungs-Relation abgeleitete Prinzip der logarithmischen Stufung farbtongleicher Dreiecke nach Wilhelm Ostwald 1917



# James Clerk Maxwell 1854/1855

Experiments on colour as perceived by the eye.

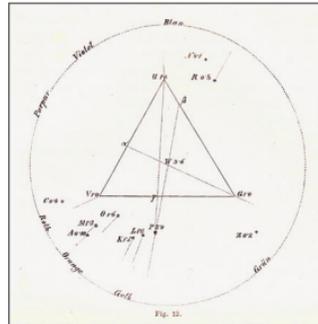
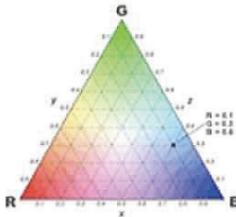
Transactions of the royal society of Edinburgh. Vol XXI, Part II



Maxwell fand, dass auf einem Farbkreis ein neutrales Grau erscheint, wenn drei bestimmte Farbsektoren (37 Teilen Zinnoberrot, 27 Teilen Ultramarinblau und 36 Teilen Smaragdgrün) gemischt werden. Das optisch gemischte Grau gleicht einem anderen, das ebenfalls mittels Kreisels aus 28 Teilen Weiss und 72 Teilen Schwarz mischte:

$$37 V + 27 U + 36 G = 28 W + 72 B$$

Maxwell legte mit diesen Versuchen nicht nur Grundlagen zur Theorie der Lichtmischung, sondern auch für die trichromatische Theorie des Sehens, die als Dreifarventheorie von Thomas Young und Hermann v. Helmholtz in die Geschichte einging.



J. Clerk Maxwell

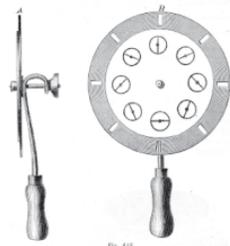
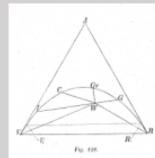
## Hermann v. Helmholtz , Versuche von 1856-1866

Handbuch der physiologischen Optik. Zweite Abteilung. Leipzig 1860

Helmholtz setzte sich in seinen Abhandlungen zur physiologischen Optik kritisch mit der Annahme einfacher Grundfarben auseinander, bezog sich dabei ausdrücklich auf die Mischversuche von Maxwell und stellte analog auch im Sinne der Hypothesen von Thomas Young unsere Farbempfindungen als zusammengesetzt aus drei Grundempfindungen (Grün, Rot und Violettblau / RGB) vor, wodurch die Theorie des trichromatischen Sehens begründet wurde.

Helmholtz stellte zudem eine Reihe Experimente mit rotierenden Scheiben vor, mit deren Hilfe man physiologische Aufschlüsse zu den besonderen Lichteindrücken gewinnen kann. Die Palette reichte von den einfachen Scheiben nach Muschenbroek (1820) bis zu stroboskopischen Scheiben nach Stampfer oder Plateau (1832).

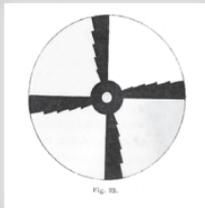
Weiterführende Versuche wurden später in verschiedenen Instituten für experimentellen Psychologie durchgeführt, namentlich am Institut des Helmholtz-Schülers Wilhelm Wundt in Leipzig und dessen Nachfolgern Felix Krüger und August Kirschmann (Mehr dazu in ‚Neuen Psychologischen Studien‘, 2. Bd. München 1926, darin u.a. Abhandlungen von Tschjelderup-Ebbe, Donath, Ehrler und Weissenborn).



## Ernst Wilhelm von Brücke 1866

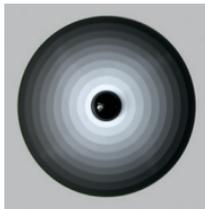
Physiologie der Farben für die Zwecke der Kunstgewerbe. Leipzig 1866, S.159 ff

Brücke beschäftigte sich - aufbauend auf Vorarbeiten von Maxwell und Helmholtz - insbesondere mit Kontrastwirkungen an rotierenden Scheiben. Er beschrieb - fast zeitgleich zu Ernst Mach - die an gestuften Schwarz-Weiß-Scheiben auftretenden Grenzkontraste.

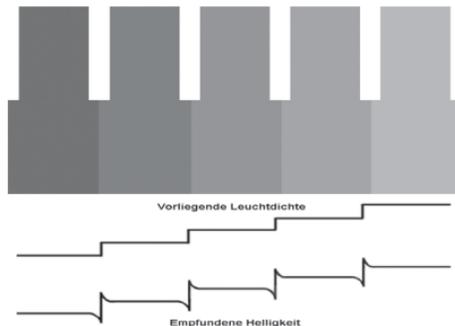


Nach heutigen Erkenntnissen gehen die an Helligkeits- und Farbstufungen auftretenden grenzverstärkenden Simultankontraste (siehe analoges Beispiel unten links) auf Erregungs- und Hemmungsvorgänge bei neuronalen Verschaltungen in den Horizontal- und Bipolarzellen der Netzhaut zurück (laterale Inhibition).

Der grenzverstärkende Simultankontrast ist auch beim Betrachten ruhender Vorlagen deutlich zu bemerken, die wie im unteren Beispiel direkt angrenzende, visuell gleichabständige Helligkeits- bzw. Farbstufungen aufweisen.



z.B. Rotationsbild der Bendin-Scheibe 5 (nach Otto Prase 1946)



# Fritz Burckhardt 1869

Eine Reliefferscheinung.

In: Poggendorfs Annalen der Physik und Chemie, 1869, S 471

Burckhardt entdeckte reliefartige Erscheinungen an rotierenden Scheiben, wenn sich - aus der Hell-Dunkel-Konfiguration bedingt - weiche Helligkeitsverläufe ergeben.

Bei der Scheibe 15 (links unten) z.B. entsteht durch Drehung eine Art Schichtenrelief aus abwechselnd erhabenen und vertieft erscheinenden konzentrischen Ringen. Bei der Scheibe 16 (rechts unten) nehmen wir hingegen wulstartig gewölbte Ringe wahr. Die Wülste weisen jeweils auch Kontrastverstärkungen auf, d.h. es kommt zu schmalen ringartigen Aufhellungen und Verdunklungen infolge lateraler Inhibition (sogen. Mach'sche Bänder). Dadurch werden die Helligkeitsverläufe und der plastischer Eindruck verstärkt.



Rotationsbild  
der Bendin-Scheibe 3  
(nach Burkh.-Scheibe 15)



Rotationsbild  
der Bendin-Scheibe 2  
(nach Burkh.-Scheibe 16)

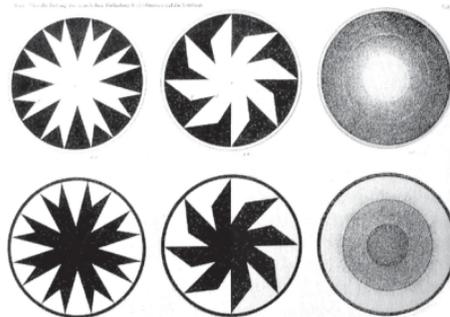
Ernst Machs Analysen von Bewegungsempfindungen basierten zum großen Teil auf Experimenten mit schwarz-weißen Kreiselscheiben, an denen er Lichtwirkungen untersuchte. Dabei entdeckte er bandartige Lichtverstärkungen und -abschwächungen, die wir heute auch als ‚Mach’sche Streifen oder Bänder‘ bezeichnen.



Mach lieferte damit auch erste Ansätze zur späteren ‚Theorie der neuronalen Hemmungsvorgänge‘ (laterale Inhibition). Der Verschmelzung periodischer Hell-Dunkel- bzw. Farbreize an rotierenden Scheiben liegen unterschiedliche Reaktionszeiten der Farbzeptoren sowie komplizierte Verschaltungen der Horizontal- und Bipolarzellen in der Netzhaut zugrunde liegen. Die resultierenden Kontrastwirkungen werden auf neuronale Erregungs- und Hemmungsvorgänge in den rezeptiven Feldern (On-Off-Reaktionen) zurückgeführt.



Rotationsbild  
der Bendin-Scheibe 1  
(nach Mach unten Mitte)



## Milton Bradley 1890

### High Scool Color Wheel

Handkurbelgetriebene Kreiselgeräte des amerikanischen Lithographen und Spieleherstellers Milton Bradley (1836-1911) dienten der additiven Farbmischung mittels Kreiselscheiben und wurden mit den dazugehörigen Kreiselscheiben von der Bradley Education Company von 1890 bis 1925 in Amerika und Europa zum Gebrauch an Schulen und experimentalphysikalischen Instituten vertrieben.

Bradley hatte sich mit dem Werk des Reformpädagogen Friedrich Fröbel befasst und eine eigene Produktlinie zur Herstellung von didaktischen Materialien für Kindergärten und Schulen gegründet.

High Scool Color Wheel  
aus der Sammlung  
Dr. Andreas Schwarz  
(Studioausstellung  
'Farbe aus Bewegung'  
der Sammlung Farbenlehre  
der TU Dresden, 2014)



## Charles E. Benham 1894

„Artificial Spectrum Top“ zur Erzeugung ‚subjektiver Farben‘

Charles E. Benham war nicht nur Physiker, sondern auch Spiele-Erfinder. Eine einfache rotierende Schwarz-Weiß-Scheibe brachte er unter dem Namen „Artificial Spectrum Top“ 1895 in den Handel, die wegen ihrer besonderen Eignung zur Erzeugung ‚subjektiver Farben‘ schnell allgemein bekannt wurde.

Dem aufmerksamen Betrachter erscheint beim Rotieren des Kreisels ein subjektives Spektrum farbiger Ringe. Die gesehenen Farben hängen vom Muster, der Drehgeschwindigkeit sowie der Rotationsrichtung ab. Außerdem spielen Sensibilität und Aufmerksamkeit des Betrachters eine große Rolle (mehr dazu unter Fechner).



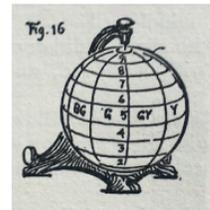
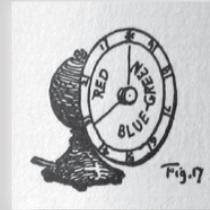
Rotationsbild  
des Bendin-Kreisel 4  
(nach Benham)  
Die farbige Erscheinung  
kann nur durch  
unmittelbare Anschauung  
beobachtet werden.



## Albert Henry Munsell um 1905

Kreiselversuche mit geschlitzten Farbscheiben  
sowie mit einem Modell von Runges Farbkugel

Der amerikanischer Kunstpädagoge Munsell entwarf um 1900 ein empfindungsgemäß gestuftes Farbsystem, das in weiterentwickelter Form bis heute im Gebrauch ist. Unter Bezug auf Maxwells Vorarbeiten nutzte auch Munsell die Kreismethode für seine Farbstufungen. Er entwarf zudem zur Demonstration der additiv-anteiligen Mischung ein drehbares Modell der Farbkugel von Runge, bei dessen Drehung sich die Farbstufungen zwischen den Polen Schwarz und Weiß optisch zu Grautönungen vermischen lassen.



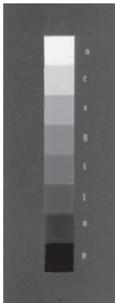
Munsells Modell  
der Farbkugel Runges  
(Sammlung Dr. Andreas Schwarz)

## Wilhelm Ostwald ab 1914 Farbkreisversuche zur Farbnormung



Für sein Vorhaben, die Mannigfaltigkeit der Farben grundlegend neu zu bestimmen, um den wahrnehmbaren Farbraum empfindungsgemäß gleichabständig zu gliedern und praktikable Instrumente für den gestalterischen Umgang mit Farbe zu schaffen, nutzte der Physikochemiker Ostwald die bereits 50 Jahre zuvor von G.T. Fechner zur Reiz-Empfindungs-Relation gewonnenen Erkenntnisse. Dazu bediente er sich vorrangig der optischen Mischung mithilfe von Kreiseisbeiben.

Ostwald stufte die Schwarz-Weiß-Anteile der Kreiseisektoren logarithmisch nach dem Weber-Fechnerschen Gesetz. Mithilfe der Kreiseismischung ermittelte Ostwald für seinen Farbtonkreis auch die Farbenpaare, die sich jeweils zu Grau vermischen lassen und im Kreis diametral gegenüberliegen. Darauf aufbauend entwickelte Ostwald neben Farbkarten und Meßbleitern zur Qualitätssicherung in Industrie, Handwerk und Gewerbe auch verschiedene Farborgeln, die eine neue Farbkunst auf harmonikal-struktureller Basis befördern sollten.



Normen

	1000:55	300:100
a	89	11
c	56	44
e	35	65
o	22	78
i	14	86
l	8.9	91
n	5.6	94
r	3.5	96
t	2.2	97.5
v	1.4	98.5
x	0.9	99
z	0.56	99.4
	0.35	99.6



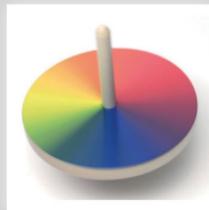
Ostwalds geometrische Reihe

	100	10
30	10	
20	20	
14	40	
10	60	
7.5	80	
5.6	90	
4	100	
3	100	
2.2	100	
1.4	100	
0.9	100	
0.56	100	
0.35	100	

## Ludwig Hirschfeld-Mack 1923

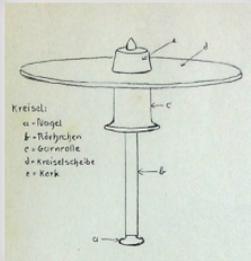
Optischer Farbenmischer

Der Hölzel-Schüler Ludwig Hirschfeld-Mack entwarf als Lehrer am Weimarer Bauhaus einen ‚Optischen Farbenmischer‘, den die dortige Tischlerwerkstatt ab 1923 zu didaktischen Zwecken vervielfältigte. Mithilfe aufliegender Kreisscheiben sollten Gesetzmäßigkeiten der additiv-anteiligen optischen Mischung sowie Aspekte der Fartheorien von Goethe über Schopenhauer bis Hölzel demonstriert werden, beispielsweise das Äquivalenzproblem der Mischung von Schwarz und Weiß bzw. der Gegenfarben zu Grau.

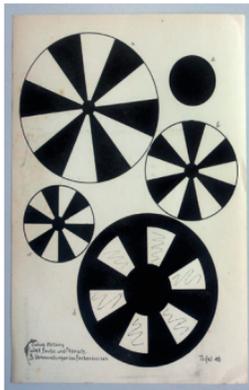


Exemplar der lizenzierten Ausgabe des optischen Farbenmischers Nr. 9716 durch die Naef Spiele AG Zofingen (CH) und die bauhaus-archiv gmbh berlin

Julius Hebing 1937-1939  
 Kreiselexperimente in ‚Briefe zur Farbenlehre‘ Heft 5



Der Anthroposoph Julius Hebing war Maler und Forscher auf dem Gebiet der Goetheschen und Steinerschen Farbenlehre. Seine schriftstellerische Tätigkeit begründet er mit den ‚Briefen zur Farbenlehre I bis X‘, die er als phänomenologische Anleitungen zur Farbenlehre wie zum Malen herausgab. Die Hefte 4 und 5 enthalten Bauanleitungen zu Experimenten mit Kreiseln. Auf zwei Schnittmusterbögen werden Kreiselscheiben angeboten, mit deren Hilfe man zum Einen die Erscheinung ‚subjektiver‘ Farben demonstrieren kann (Schwarz-Weiß-Scheiben), zum Anderen die Gegenfarben-Mischung zu Grau (sechs geschlitzte Gegenfarben-Scheiben).



Ausschneidebögen in Hebings  
 ‚Farbenbriefen‘ zur Demonstration  
 subjektiver Farben bzw. der Gegen-  
 farben-Mischung zu Grau

## Rupprecht Matthaei 1939

Versuche zu Goethes Farbenlehre mit einfachen Mitteln

Der Erlanger Physiologe Rupprecht Matthaei, dem 1932 die Rekonstruktion von Goethes Farbenkreis gelang, erhielt 1935 den Auftrag, im Goethe-Nationalmuseum in Weimar Goethes Farbenlehre anschaulich darzustellen. Die vollständige Erfassung des Geräte-Nachlasses Goethes zur Farbenlehre und das Studium der Handschriften im Goethe- und Schiller-Archiv erbrachten neue Erkenntnisse und führten ihn zur Aufgabe, Goethes Schriften zur Farbenlehre neu zu edieren. Die 1939 herausgegebene Darstellung der ‚Versuche Goethes zur Farbenlehre mit einfachen Mitteln‘ enthält unter Bezug auf Goethes Versuche mit ‚Dorl‘(Kreisel) und Schwungrad auch Bauanleitungen und Versuchsvorschläge für einfache Kreiselinstrumente.

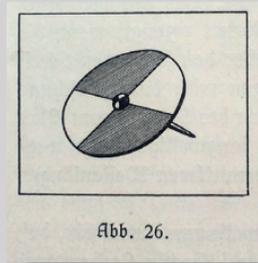


Abb. 26.

Darstellung eines Dorls nach Vorbildern aus Goethes Nachlass

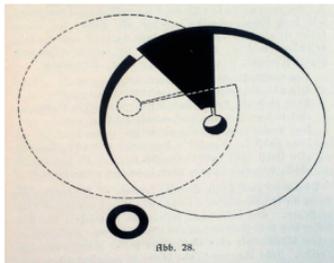


Abb. 28.

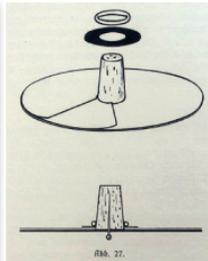
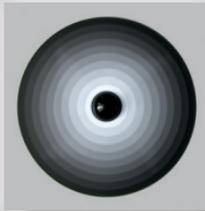


Abb. 27.



# Otto Prase 1944/1946

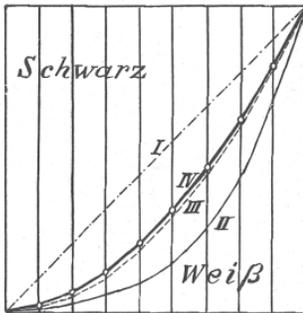
Experimentalstudien zur Farbenlehre, Dritter Teil  
Vorschläge und Versuche zu einer Universalfarbtongkarte



Rotationsbild eines in Trigonalreihe gestuften S-W-Kreisels nach Prase (Bendin-Scheibe 5)

Otto Prase - der bereits 1912 im erzgebirgischen Aue beim Farbkartenhersteller Paul Baumann eine für damalige Verhältnisse vorbildliche Farbtongkarte entwickelt hatte - wandte sich Mitte der vierziger Jahre der systematischen Farbstufung mittels Kreiselmischung zu. Er verglich in seinen Experimentalstudien zur Farbenlehre die logarithmische Graustufung Ostwalds mit Stufungen des deutschen Physiologen Ernst Wilhelm von Brücke sowie des amerikanischen Kunstpädagogen Henry Munsell.

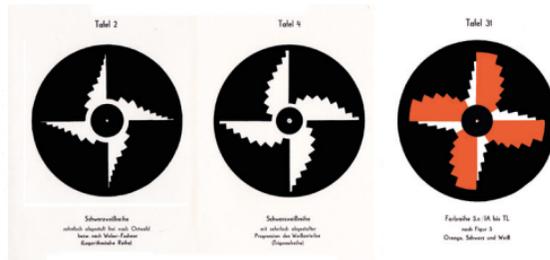
Mithilfe seiner Experimente fand Prase eine eigene zehnstufige geometrische Reihe mit Intervallschritten  $n+1$ , die er als ‚Trigonalreihe‘ bezeichnete. Durch den höheren Weißanteil im Vergleich zu Ostwalds Reihe ergibt sich eine Verbesserung der Helligkeitsempfindung im dunklen Bereich. Prase legte jene Trigonalreihe sowohl der Graureihe als auch der farbtongleichen Stufung seines Entwurfes



Figur 1

Kurven der optischen Mischung verschiedenster Schwarzer-Weiß-Reihen:

- Linie I frei nach Brücke
- Linie II frei nach Ostwald
- Linie III frei nach Munsell
- Linie IV nach Prase



Schwarzweiße  
ähnlich ähnlich frei nach Ostwald  
frei nach Munsell  
Experimentelle Reihe

Schwarzweiße  
ist ähnlich ähnlich  
Präparierte der farblichen  
Experimentelle

Farbtöne 3x 10 bis 11  
nach Prase 5  
Orange, Rot und Weiß

# Gerhard Zeugner und Manfred Adam 1970

Kreiselversuche zur Eichung von Farbtonkarten als Referenzinstrumente  
Entwicklung der ‚Fünf-Linien-Methode‘ zu Farbstufung

Zur Weiterentwicklung der in den 20er Jahren von Baumann und Prase herausgegebenen Farbtonkarten bemühten sich in den 70er und 80er Jahren die beiden sächsischen Farbensystematiker Manfred Adam und Gerhard Zeugner um methodische Verfeinerungen der Kreiselmischung. Manfred Adam - einst Ostwalds Gehilfe und Farborgelwart- hatte bereits in den 60er Jahren mit Unterstützung Zeugners ein ‚Erneueres Ostwald-System‘ entwickelt. Mithilfe von Vergleichsscheiben und einer einfachen grafischen Meßmethode (Fünf-Linien-Methode) verbesserten Adam und Zeugner die mischtechnischen Grundlagen zur Eichung von Farbtonkarten als Referenzinstrumente für Ausbildungs- und Gestaltungszwecke.

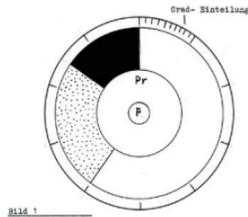
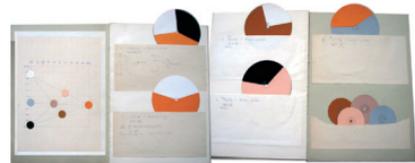


Bild 1



Eichscheiben

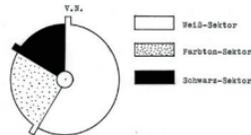


Bild 2

Bezeichnungen: P = Feststellenschraube  
Pr = Probenschraube  
V.S. = Verstell-Stocken



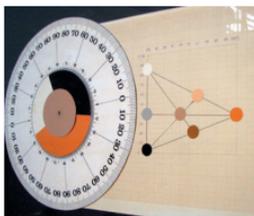
...in Ruhe



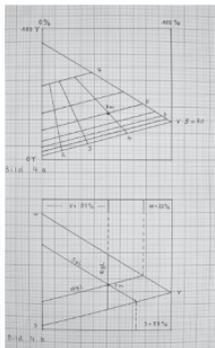
...in Rotation



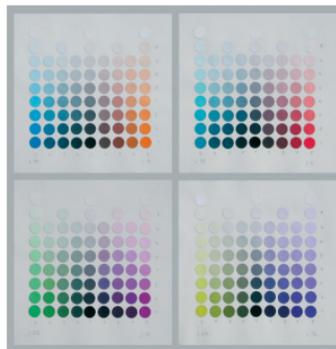
Mit der ‚Fünf-Linien-Methode‘ (Schema rechts) ermittelten Adam und Zeugner die Eichscheiben (oben) zur Herstellung ihrer erneuerten Farbtonkarten nach Prase.



Oben:  
Manfreds Adams erneuerte Prase-Farbtonkarte, 12 Paletten mit je 12 Blöcken (1974)



Unten:  
4 Schnittebenen des Erneuerungsversuches von Gerhard Zeugner (1989)



# Jakob Weder 1970

## Farbkreisversuche zur Eichung seines ‚Farbenklaviers‘

Durch Ostwalds Farbenorgel angeregt entwickelte der mit einer Doppelberufung als Künstler und Forscher begabte Schweizer über mehrere Jahrzehnte auf experimentellem Wege als zwingende Voraussetzung für sein künstlerisches Schaffen selbst ein Farbinstrument - ein 133-teiliges ‚Farbenklavier‘ - das ihm letztlich Sicherheit im Umgang mit Farbpigmenten verschaffte, da ihm Ostwalds Stufungen zu grob und dessen Farbtonkreis ihm noch unausgewogen erschienen, Mithilfe der Kreismischung war es Weder gelungen, über zwei Maßstäben alle beliebigen Bruchteile für Stufungen zu ermitteln. Über zahlreiche Messungen und Berechnungen gewann er für jede farbtongleiche Fläche sowohl für die optische Kreismischung als auch für die Pigmentmischung exakte Werte der Mischanteile.

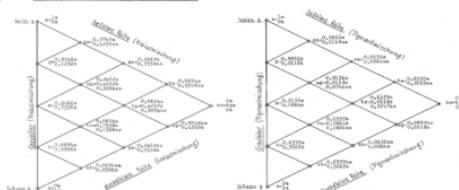
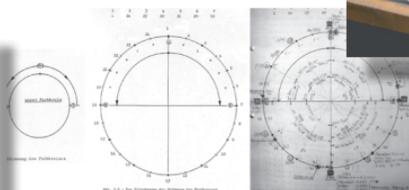


Abb. 11.11. Die Zusammenstellung der Mischanteile für die Mischanteile der Mischanteile in der Mischanteile.

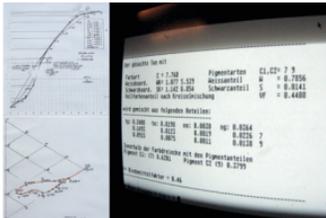
Abb. 11.12. Die Zusammenstellung der Mischanteile für die Mischanteile der Mischanteile in der Mischanteile.

## Wolfram Jaensch 1980

### Elektronische Repräsentanz und Weiterentwicklung des ‚Farbenklaviers‘

Als kongeniale Fortführung und eigenständige Erweiterung sowohl der technischen als auch künstlerischen Perspektive Jakob Weders kann man das künstlerische Werk von Wolfram Jaensch auffassen. Beide Künstler verband ein fachlicher Austausch, der es Jaensch ermöglichte, das Wedersche Farbenklavier weiterzuentwickeln.

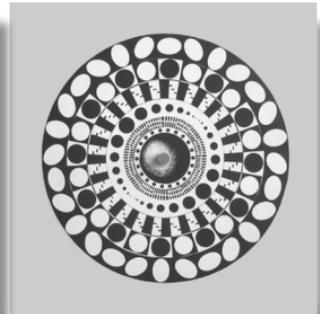
Einer Korrektur der logarithmischen Eichung mithilfe rotierender Scheiben wurde die elektronische Repräsentanz der Eichung und die Einrichtung zusätzlicher Programme hinzugewonnen. Neben Programmen zur Farbaddition und -kompensatorik erarbeitete Jaensch mit Unterstützung zweier Physiker Programme zu den Pigment- u. Bindemittel- Mischrezepturen für über eine Millionen Farbnuancen. Inzwischen wurde auf jener Grundlage eine beeindruckende Serie komplexer Bildwerke geschaffen, in denen sich eine neue Farbästhetik manifestiert.



## Hilmar Fredriksen 1991

### Rotor-Scheiben zu kinetischen Visualisierungen

Der norwegische Künstler Hilmar Fredriksen entwarf um 1990 zur Demonstration kinetischer visueller Phänomene einen Satz aus Pappscheiben mit Schwarz-Weiß-Strukturen – zumeist kleinteilig kontrastiert – die mithilfe eines Rotors in Drehung versetzt werden können. Der Beobachter muß die periodisch wechselnden visuellen Reize – d.h. die schnell wechselnden Helligkeiten, Konturen und Figuren – simultan und sukzessiv als komplexe Information erfassen und physiologisch mehrstufig verarbeiten. Je nach Drehgeschwindigkeit und Phasenlage der Lichtänderungsreize führen die beim Betrachter einsetzenden Anpassungs- und Transformationsvorgänge zu verschiedenartigen Sinneseindrücken (z.B. Flackern, Flimmern und Verschmelzen, stroboskopischen Effekten und subjektiven Farben).



## Andreas Hofer 1990/2000

RGB-Scheibe zur Erzeugung von CMY und Phänakistiskop



Der Schweizer Farbkünstler Andreas Hofer entwickelte ebenfalls in den 90er Jahren eine besondere Kreiselscheibe, bei der durch geschickte Anordnung von roter, blauer und grüner Farbsektoren auf additivem Wege sechs Ringe mit den Hauptfarben der modernen Farbenlehre erzeugt werden, d.h. neben den sogen. Augen-Primärfarben R-G-B auch die drei hellen Druck-Ausgangsfarben Cyanblau, Magenta und Gelb. Hofer entwickelte auch ein sogen. ‚Phenakistiskop‘ mit mehreren farbigen Kreiselscheiben und einem Spiegel. Der Betrachter kann durch Schlitze im Randbereich der Scheiben im Spiegel die Visualisierung verfolgen. Das Phenakistiskop ist seit 1833 bekannt und geht auf den Belgier Plateau zurück. Es handelt sich dabei um die erste Anwendung des stroboskopischen Effektes zur Animation von gezeichneten Bildern.



Hofers Phänakistiskop



Hofers große RGB-Scheibe erzeugt additiv Yellow, Cyanblau und Magenta

## Eckhard Bendin 2010

Kreiselscheiben zur Farbenlehre.

Mappe mit 18 Kreiselscheiben und einem Handkreisel

Die Mappe mit 18 Kreiselscheiben und einem Handkreisel dient der unmittelbaren, experimentellen Anschauung und ist ein didaktisch aufbereitetes, leicht handhabbares, variables Instrument, mit dem Vieles entdeckt und demonstriert werden kann. Der Handkreisel bietet den besonderen Vorteil, alle Kreiselphasen- auch die langsamen Kreiselbewegungen- eingehend zu studieren.

Fünf der 18 Scheiben wurden nach historischem Vorbild gestaltet. Dazu dienten einige besonders eindrucksvolle historische Kreisel von Ernst Mach, Fritz Burkhardt, Charles Benham und Otto Prase. Der Satz enthält außerdem 13 neuartige Scheiben des Autors.

Mit ihnen lassen sich sowohl die visuellen Verschmelzungseffekte, die Gesetzmäßigkeiten der optischen und -additiv-anteiligen Mischung als auch empfindungsgemäß gleichabständige Stufungen von Farbreihen veranschaulichen. Einige Scheiben eignen sich aber auch dazu, die Erscheinung ‚subjektiver‘ Farben bei der Rotation von Schwarz-Weiß-Vorlagen zu demonstrieren oder die besondere Erscheinungsweise der ‚freien‘ Farbe zu erleben, eine tendenzielle räumliche Auflockerung des Farbeindrucks.



18 Kreiselscheiben,  
davon 5 Scheiben nach historischem Vorbild,



1



2



3

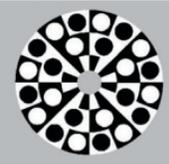


4



5

sowie ein Kreisel  
aus Hartholz als  
Scheibenträger  
mit Führungsrahmen



6



7



8



9



10



11



12



13



14



15



16



17



18

Eckhard Bendin  
**Zur Farbenlehre**

**Historischer Exkurs Farbkreiseln**  
edition bendin, Dresden 2016  
© 2016

Das Modul basiert  
auf dem Booklet zur DVD  
Basisexperimente mit Kreiseln © 2014

The logo for Edition Bendin features the word "edition" in white lowercase letters on a black background, and the word "bendin" in black lowercase letters on a white background. The two words are separated by a horizontal line. To the left of the text are two sets of vertical bars: a set of grey bars above the line and a set of colorful bars (yellow, green, blue, red, purple) below the line.

edition  
bendin

[www.bendin-color.de/edition-bendin/](http://www.bendin-color.de/edition-bendin/)