

# *Optischer Farbmischer* (1923) von Ludwig Hirschfeld-Mack: seine Entstehungsgeschichte\*

YAMANE-SAIHOJI Chiaki

Keio Universität, Tokyo

## 1. Vorwort

Der *Optische Farbmischer* (Abb. 1) ist ein pädagogisches Lehrinstrument, das von Ludwig Hirschfeld-Mack (1893-1965), einem Studenten am Bauhaus Weimar, entwickelt und 1924 vom Bauhaus auf den Markt gebracht wurde<sup>1</sup>. Es besteht aus einem hölzernen, handlichen Kreisel, der 10 cm hoch ist, einen Durchmesser von 10 cm besitzt, und aus 7 Kreiselscheiben aus Pappe mit einem Durchmesser von 10 cm besteht. Diese Kreiselscheiben wurden in der graphischen Druckerei des Bauhauses hergestellt und haben sich zu einem beachtlichen Verkaufsschlager entwickelt. Der Zwischenhandel wie auch Fabrikationsbetriebe für Kunstgewerbe und Spielwaren interessierten sich nicht nur rege für Exklusivvertretungen des Farbmischers auf nationaler und internationaler Ebene, sondern auch für den Erhalt von Lizenzrechten<sup>2</sup>. Aber nachdem das Bauhaus durch die ausbleibenden finanziellen Zuwendungen seitens der Regierung in seinen Anstrengungen um wirtschaftliche Selbständigkeit stark behindert war, kam es ab der zweiten Jahreshälfte 1924 immer wieder zu Produktionsbeschränkungen und schließlich konnte das Bauhaus im Zuge der unausweichlichen Schließung den Farbmischer nicht mehr liefern<sup>3</sup>. Am 8. April 1961 wurde die Produktion des Farbkreisels aus Anlass der Eröffnung des Bauhaus-Archivs Darmstadt teilweise wieder aufgenommen und seit 1977 stellt die Schweizer Firma Naef Spiele AG in Lizenz der Bauhaus-Archiv GmbH bis heute exklusiv den Farbkreisel her<sup>4</sup>.

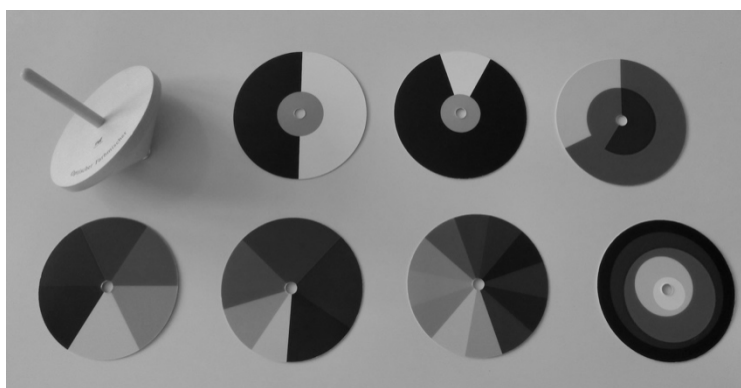


Abb. 1: Ludwig Hirschfeld-Mack, *Optischer Farbmischer*, Von oben links: Handkreisel aus Holz, Kreiselscheibe I, II, III, (unten) IV, V, VI, VII.

\* Dieser Beitrag basiert auf der japanischen Version, die in *Bigaku*, Bd. 70, Heft. 1 (2019): 61-72, veröffentlicht von der Japanese Society for Aesthetics, abgedruckt wurde.

<sup>1</sup> Nach Stasny; Hirschfeld-Mack stellte zwei verschiedene Farbkreisels her. Der eine ist die "optische Farbmischertüte", "mehr zu wissenschaftlichen und Lehrzwecken", und der andere ist ein "Spielzeug" (Stasny 1993: 127).

<sup>2</sup> Thüringisches Hauptstaatsarchiv Weimar, Bauhausakte 192 u. 194; Rowland 1988: 161.

<sup>3</sup> Brief des Staatlichen Bauhauses an Dr. Ria Kluge, Berlin v. 29. Dezember 1924, Thüringisches Hauptstaatsarchiv Weimar, Bauhausakte 194, S. 18, Zitat. in: Stasny 1993: 65.

<sup>4</sup> Stasny 1993: 65 u. 128.

Dieser Farbkreisel ist eines der berühmtesten Werke des Bauhauses, das auch kommerziell erfolgreich war und ist, wobei aber noch immer nicht klar ist, in welchen Entwicklungsschritten der Farbkreisel entstand<sup>5</sup>. Deshalb werde ich hier zunächst die historische Entwicklung des Farbkreisels nachzeichnen, der in seiner langen Geschichte als ein Hilfsmittel für wissenschaftliche Experimente oder zur Herstellung von Kunstwerken diente<sup>6</sup>. Dadurch wird deutlich werden, dass dieses Werkzeug auf dem quantitativen Farbkreisel beruhte, der den Traditionen der Physik, der Physiologie und der damaligen Experimentalpsychologie folgte und schließlich als Medium verwendet wurde, um die Farbenlehre von Goethe auf den Gebieten der Kunstproduktion und der Kunstpädagogik anzuwenden und zu verbreiten.

## 2. Handkreisel als Kunstform

Hirschfeld-Mack bezweckte eine Beobachtung des Phänomens der “optischen Farbmischung”, das, wie der Name es andeutet, durch die Entfernung zwischen der Kreiselscheibe und dem Beobachter beziehungsweise der Bewegung der Scheibe, die ein Unterscheiden der Farben verhindert, entsteht. Schon seit der griechischen Antike fand die kreisförmige rotierende Scheibe mithilfe der schnellen Bewegung Verwendung in der optischen Farbmischung. Nach Saamer ist die Kreiselscheibe ein Instrument, um mit der bunt oder einfarbig, radial und graphisch gestalteten Oberfläche eine Farbmischung oder ein subjektives Phänomen zu beobachten. Der Aufbau, die Größe und das Material sind abhängig von den Verwendungszwecken: es gibt einteilige Drehscheiben wie Kreisel, aus einzelnen Teilen montierte Drehscheiben oder geschlitzte Scheiben, mit denen man das Mischverhältnis variieren kann. Auch kann der Farbkreisel nach seiner Triebkraft klassifiziert werden: die Scheiben können mit Dorn oder Seil, einem Schwungrad, einem Gerät mit Kurbel, einem Elektromotor oder einem Servomotor angetrieben werden. Je komplexer das Gerät ist, desto stabiler ist das Experiment. Dennoch ist die per Hand angetriebene Kreiselscheibe (Handkreisel) am einfachsten, da sie die meisten Bedingungen erfüllt, die für die Experimente und die Beobachtungen entscheidend sind, auch wenn die Ergebnisse des Experiments nicht exakt genug aufgezeichnet werden können<sup>7</sup>.

---

<sup>5</sup> Poling vermutete den Einfluss von Goethes Farbkreisel, sowie den Einfluss der Schriften von Wilhelm v. Bezold oder Wilhelm Ostwald (Poling 1973: 58ff.). Daraufhin postulierte Stasny den Einfluss von *Die Farbenlehre im Hinblick auf Kunst und Kunstgewerbe* (1874) von Wilhelm v. Bezold, da Bezold in seinem Buch einen Farbkreisel vorstellte (Stasny 1993: 126f.).

<sup>6</sup> Eckhard Bendin (1941-) nahm erstmals die Kreiselscheiben als Forschungsthema auf. Er lehrte an der TU Dresden 1983-2007 Gestaltungslehre und gründete 2005 die Sammlung Farbenlehre. Zu den Problemen von Kreiselscheiben empfehlen sich Bendins Werke (vor allem: *Basic Box 'Color Cosmos'. Lehrmittel-Box zur Farbenlehre*, Dresden: edition bendin, 2004) und das Buch von FARBAKS, das eine Frucht des interdisziplinären Forschungsprojekts von vier Universitäten in Deutschland ist: Konrad Scheurmann u. André Karliczek [Hg.], *GesprächsStoff Farbe: Beiträge aus Wissenschaft, Kunst und Gesellschaft*, Köln: Böhlau, 2017 (siehe hierzu insbesondere die Beiträge von Eckhard Bendin, Kreiselscheiben als historische und didaktische Instrumente, S. 600-603; Kati Bergmann, Martina Löw, Kay Saamer, Forschung am bewegten Farbobjekt. Ein Ergebnisbericht, S. 618-631; Kay Saamer, Überlegungen zu einer Klassifizierung didaktischer und wissenschaftlicher Farb-Kreiselscheiben und ihrer Antriebe als Grundlage verlässlicher und wiederholbarer Experimente mit wissenschaftlicher Dokumentation, S. 632f.). Siehe auch: Kuehni 2010: 110-121.

<sup>7</sup> Saamer 2017: 632f.

Die erste Beschreibung optischer Farbmischung kann man im Werk *Optik* des griechischen Wissenschaftlers Claudius Ptolemaeus (ca. 83 - ca. 168) finden. Ptolemaeus erzeugte die optische Farbmischung mithilfe einer Drehbank<sup>8</sup>. Die erste Beschreibung einer optischen Farbmischung mithilfe eines per Hand betriebenen Farbkreisels findet sich im 2. Band von *Kitab-al-Manazir* von Ibn al-Haytham (965-1039), der aus dem Werk *Optik* von Ptolemaeus gelernt hatte.

If the top is painted in different colours forming lines that extend from the middle of its visible surface, [...] then forcefully made to revolve, it will turn round with great speed. Looking at it the observer will now see one colour that differs from all the colours in it, as if this colour were compound of all the colours of those lines [...]<sup>9</sup>.

Haitham zeigte damit erstmals eine rotierende Farbmischung mit einer Kreisscheibe, deren Oberfläche radial bemalt war. Frühe europäische Erforscher der Optik, wie Roger Bacon, Witelo oder John Peckham, lernten viel aus der lateinischen Übersetzung von Haithams Werk, aber sie übernahmen nicht sein Experiment<sup>10</sup>. So lässt der heutige rotierende Farbmischer sich schließlich auf Sir Isaac Newton (1642-1727) zurückführen. Newton zeigte in *Opticks* (1704), dass dasselbe Mischergebnis simultaner Farbmischung dadurch entsteht, wenn man bestimmte Spektralfarben durch einen speziellen Kamm schickt, der schnell auf und ab bewegt wird, und damit die Spektralfarben auf einer Wand mischt<sup>11</sup>. Auf Grundlage dieses Prinzips begründete einer seiner Schüler, der holländische Physiker Pieter van Musschenbroek (1692-1761), in *Introductio ad philosophiam naturalem* (1762) ein Experiment mit einer Farbkreisscheibe, die einen Handkreisel verwendete:

Zuerst [wurden] auf die Oberfläche des Kreisels alle Farben des Spektrums gemalt [...]. Ich wickelte ein Seil um den Kreisel, an dem ich heftig zog, um [dem Kreisel] eine sehr schnelle Kreisbewegung zu geben; dann erschien mir die Oberfläche dieses Kreisels, die mit allen verschiedenen Farben bemalt war, weißgrau: Das liegt daran, [...] weil die verschiedenen Farben so schnell vor dem Blick vorbeilaufen, dass man sie nicht getrennt voneinander unterscheiden kann; so vermischen sich alle angeregten Empfindungen miteinander. Durch die so erzeugte Mischung wird eine Empfindung hervorgerufen, die sich der des Weißen annähert.<sup>12</sup>

Damit etablierte Musschenbroek die Methode, eine Scheibe, die mit den Pigmentfarben der entsprechenden Spektralfarben bemalt war, schnell zu drehen und dadurch die additive Farbmischung zu erzeugen. Damals war als Phänomen der Farbmischung lediglich die subtraktive Farbmischung bekannt, bei der die Farben dunkler und trüber werden, wenn man mehr Farben mischte. Aber bei der additiven Mischung – genauer gesagt einer bestimmten Art

---

<sup>8</sup> Bergmann; Löw; Saamer 2017: 618; Kuehni 2010: 112; Rood 1879: 132.

<sup>9</sup> Sabra 1989: 144f.

<sup>10</sup> Kuehni 2010: 112.

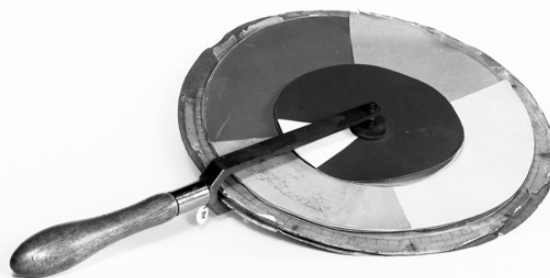
<sup>11</sup> Newton 1704: 102f.

<sup>12</sup> auf Deutsch übersetzt von Musschenbroek 1769: 489.

der additiven Mischung, bei der ein Mischerzeugnis in der Mittelhelligkeit entsteht – wird das Mischergebnis nicht dunkler und trüber wahrgenommen, sondern manchmal heller, da es den mittleren Helligkeitsgrad aller Ausgangsfarben erzeugt. Das Werk von Musschenbroek verbreitete diese additive Mischung mithilfe des Handkreisels in Europa, wo er schließlich vielfach Verwendung fand<sup>13</sup>.

Zu den Anwendern des Handkreisels gehörten der italienische Naturforscher Giovanni Antonio Scopoli (1723-88),

der mit dieser Methode nach den Mischverhältnissen aller Farben forschte, und der deutsche Maler Philipp Otto Runge (1777-1810), der in einem Brief darüber schrieb: “Ich habe nun oft von den Kreisel oder Wirbel gehört, daß dadurch die sieben Farben, nach gewissen Berechnungen aufgetragen in Abteilungen von der Peripherie zum Zentrum, zusammen Weiß würden[...]”<sup>14</sup> Runge selbst und auch der Empfänger dieses Briefes, Johann Wolfgang von Goethe (1749-1832), experimentierten ausgiebig, um ein Gesetz der Farbmischung zu finden, das nicht nur für die Spektralfarben, sondern auch für die Pigmentfarben gültig ist<sup>15</sup>. Im 19. Jahrhundert war der handbetriebene Farbkreisler als Beobachtungsmittel additiver Mischung in den Laboratorien der Physik oder der physiologischen Optik nicht mehr wegzudenken, da andere bekannte Methoden technisch sehr schwer zu kontrollieren und zu wiederholen waren<sup>16</sup>. 1855 entwickelte der schottische Physiker James Clerk Maxwell (1831-1879) mithilfe des Handkreisels, den er als am “leichtesten kontrollierbar” bezeichnete, eine Methode zur Bestimmung der Farbmischung<sup>17</sup>: er entwarf dafür einen Farbkreisler, der mit einem inneren und einem äußeren, variablen Ring versehen war und mit dem die Farbe auf dem Innenring mit dem äußeren Mischungsergebnis, das variabel war, verglichen werden konnte (Abb. 2). Dieses “Maxwellsche Rad” war für die Formulierung des Gesetzes der Farbmischung entscheidend, weil damit einerseits einander entgegenwirkende Farbkombinationen, die beim Mischen neutrales Grau erzeugen, ermittelt werden konnten, und andererseits auch die Anzahl der verschiedenen Arten von Photorezeptoren auf der Netzhaut, d.h. die Anzahl der physiologischen Grundfarben, bestimmt werden konnte. Da man mit diesem Kreisel die Mischverhältnisse berechnen konnte, wurde er gleichzeitig zu einem Grundinstrument der Photometrie und wurde danach, sowohl bei der Systematisierung der Farben als auch in der Malerei des Impressionismus, in verschiedenen Bereichen verwendet.



The Cavendish Laboratory

Abb. 2: Maxwellische Rad, 1855 (Cambridge Digital Library, P7).

<sup>13</sup> Rood 1879: 132 u. Kuehni 2010: 113.

<sup>14</sup> Philipp Otto Runge, Brief an Goethe, 23. Okt. 1807, in: Maltzahn 1940: 71f.

<sup>15</sup> Dieser Unterschied wurde schließlich 1852 festgestellt (Hermann von Helmholtz, Ueber die Theorie der zusammengesetzten Farben, in: *Annalen der Physik und Chemie*, Vol. 163, Heft 9, Leipzig: Johann Ambrosius Barth, 1852, S. 45-66).

<sup>16</sup> Boring 1942: 145.

<sup>17</sup> Maxwell 1855: 275.

Die bedeutendste Rolle für die Verbreitung der Handkreisel nahm allerdings das *Handbuch der physiologischen Optik* (1867) von Hermann von Helmholtz (1821-94) ein. Helmholtz, der 1852 entdeckte, dass mit Kreiselscheiben die additive Farbmischung möglich war<sup>18</sup>, fasste 1867 verschiedene optische Phänomene zusammen, die mit Kreiselscheiben beobachtet werden konnten und empfahl den Handkreisel als das einfachste Mittel (Abb. 3)<sup>19</sup>.

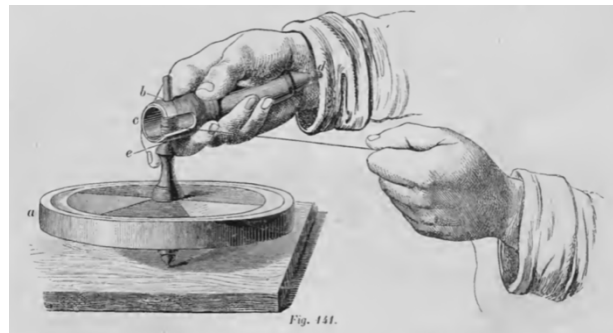


Abb. 3: Hermann von Helmholtz, *Handbuch der physiologischen Optik*, 1867, Abb. 141.

Was die Einrichtung der rotierenden Scheiben betrifft, welche Musschenbroek zuerst erwähnt, so sind die einfachsten die Kreisel. Ich pflege für die meisten Versuche einen einfachen aus Messing gedrehten Kreisel zu benutzen, [...] Er wird mit der Hand in Bewegung gesetzt. Man kann ihn deshalb in jedem Augenblicke leicht und ohne Vorbereitung in Bewegung setzen, seine Geschwindigkeit nach Belieben verstärken oder mäßigen, [...]<sup>20</sup>

Helmholtz beschrieb zuerst die Kreiselscheiben mit ausführlicher Illustration, danach zählte er die Phänomene auf, die damit beobachtet werden konnten. Für die Kreiselmischung zog er die Maxwellsche, geschlitzte Scheibe und den Farbkreisel von einem gewissen Busolt, eigentlich einem Amateur, heran, da dieser “die vollkommenste Construction [sic!] für einen Kreisel, der nur bei sehr schneller Bewegung gebraucht werden soll[e, hatte]”<sup>21</sup>. Der so von Helmholtz beschriebene und empfohlene Farbkreisel wurde von seinem Assistenten Wilhelm Wundt (1832-1920) nicht nur als Grundmittel der Physik und der Physiologie, sondern auch als Grundmittel der Experimentalpsychologie verbreitet und vor allem von Wundts Schüler August Kirschmann (1860-1932) sehr ausgiebig verwendet<sup>22</sup>. Kirschmann, der sich für die Kunst interessierte, erbrachte 1891 für das von Goethe beschriebene Phänomen des Farbkontrasts den Beweis und berechnete 1908 die Mischungsverhältnisse der Komplementärfarben, die abhängig von den jeweiligen Farbmedien sind, um “die Bedeutung des Komplementarismus bei harmonischen Farbzusammenstellungen” zu bestätigen<sup>23</sup>. Der Farbkreisel wurde gegen 1900 motorisiert und diversifiziert, weshalb Kirschmann keinen Handkreisel, sondern einen maschinellen

<sup>18</sup> Helmholtz [wie Anm. 15].

<sup>19</sup> Helmholtz 1867: 338-356.

<sup>20</sup> Helmholtz 1867: 346.

<sup>21</sup> Helmholtz 1867: 348 und siehe auch: Der Farbkreisel von Busolt, in: *Annalen der Physik und Chemie*, Vol. 108, Heft 37-41, Leipzig: Johann Ambrosius Barth, 1834, S. 656-661.

<sup>22</sup> Bendin 2014: 6.

<sup>23</sup> August Kirschmann, Ueber die quantitativen Verhältnisse des simultanen Helligkeits- und Farben-Contrastes, in: Wilhelm Wundt [Hg.], *Philosophische Studien*, Bd. 6, Leipzig: Wilhelm Engelmann, 1891, S. 417-491; August Kirschmann, Experimentelle Untersuchung der Komplementärverhältnisse gebräuchlicher Pigmentfarben, in: *The American Journal of Psychology*, Vol. 7, No. 3, Worcester: University of Illinois Press, 1908, S. 128-146.

verwendete<sup>24</sup>. Aber die Geschichte der von Hand betriebenen Farbkreisel zeigt, dass die Form von Hirschfeld-Macks *Optischem Farbmischer* auf ein Instrument zurückgeht, das seinen Ursprung hatte in den physikalischen optischen Experimenten von Newton und in der Erfindung als physiologisches Forschungsmittel durch Musschenbroek sowie Helmholtz, und das dann auch von der Experimentalpsychologie übernommen wurde.

### 3. Inhalt der Kreiselscheiben

Wie im vorhergehenden Abschnitt gezeigt wurde, war der Handkreisel die einfachste Form eines Farbkreisels, sowie ein Instrument zur Erforschung des Farbensehens. Wenn die Kreiselscheiben zur Feststellung der Grundfarben für die Farbwahrnehmung oder die Berechnung der Mischverhältnisse der Komplementärfarben dienen sollten, so bestanden sie meistens aus einer Kombination der drei Grundfarben, die Grau erzeugen, was den Beweis für die Beziehung der Komplementärfarben erbrachte. Wie nachfolgend gezeigt wird, übernahm Hirschfeld-Macks *Optischer Farbmischer* nicht nur formal, sondern auch inhaltlich die Eigenschaften eines solchen Instruments.

Zu Hirschfeld-Macks *Optischem Farbmischer* gehören sieben Kreiselscheiben, auf deren Rückseiten jeweils die damit entstehenden Phänomene beschrieben wurden. Die Kreiselscheiben Ring I und II sind unbunt, Ring III, IV, V und VI sind bunt, und Ring VII besteht aus sowohl bunten als auch unbunten Farben. Ring I und II machen die Helligkeitsunterschiede zwischen Weiß und Schwarz deutlich. Auf der Rückseite von Ring I heißt es: “Untersuchung des Helligkeitswertes 1/2 Weiss zu 1/2 Schwarz ergibt durch die überstrahlende Wirkung des Weiss ein sehr helles Grau (vergleiche das neutrale Grau in der Mitte der Tafel)<sup>25</sup>.” Die hier beschriebenen 1/2 Weiß und 1/2 Schwarz ergeben kein mittleres Grau, wie man es vermuten würde, sondern durch die überstrahlende Wirkung des Weiß ein sehr helles Grau. Auf der Grundlage dieses Ergebnisses wurde das Mischverhältnis auf Ring II so angepasst, dass es ein mittleres Grau erzeugt: “Ring II. 1/8 Weiss zu 7/8 Schwarz (Rembrandtsche Hell-Dunkel-Quantitätsverteilung) ergibt ein mittleres Grau, das dem Auge gleich weit von hell wie von dunkel erscheint (vergleiche das Grau in der Mitte der Tafel).” Ring I und II demonstrieren auf diese Weise die physiologische Tatsache, dass jede Farbe ihre eigene Helligkeit besitzt. Die Herkunft der hier referierten “Rembrandtsche[n] Hell-Dunkel-Quantitätsverteilung” ist nicht bekannt, aber Rembrandts Chiaroscuro galt das Hauptinteresse Hirschfeld-Macks, als er 1912-13 am Lehr- und Versuchs-Atelier für angewandte und freie Kunst in München weilte<sup>26</sup>, wo er die Grundlagen für die Malerei und das Kunstgewerbe erlernte<sup>27</sup>. Man könnte zudem auf den Einfluss von Johannes Itten (1888-1967) hinweisen, der Hirschfeld-Macks Formmeister am Bauhaus war und der am

---

<sup>24</sup> Eduard Zimmermann, *Liste 11, 1895: Neuer Rotationsapparat nach Dr. Marbe*, Leipzig 1895; *Liste 13, August 1896, Rotationsapparat für Farbscheiben*, 1896 Leipzig; *Psychologische und Physiologische Apparate: Liste 50*, Leipzig & Berlin 1928, S. 18-21.

<sup>25</sup> Alle Unterstreichungen in den folgenden Zitaten sind in Sperrschrift geschrieben.

<sup>26</sup> Ludwig Hirschfeld-Mack, Brief aus England an seine Frau Elinor in Berlin, 1939 (Nachlaß, E. Delugan, Meran), Zitat in: Stasny 1993: 23.

<sup>27</sup> Ludwig Hirschfeld-Mack, Letter to Standish D. Lawder, in: Gilbert 1966: 13.

18.03.1923 in einer Vorlesung “Analyse alter Meister” die Werke von Rembrandt als “rein optische Hell-Dunkel-Freude” bezeichnete<sup>28</sup>. Was auch immer der konkrete Einfluss gewesen sein mag, Hirschfeld-Mack benutzte für seinen *Optischen Farbmischer* mit hoher Wahrscheinlichkeit das den Maxwellschen Scheiben exakt entsprechende Muster mit Innen- und Außenring und den physischen, physiologischen und psychologischen Grundbegriff “neutrales Grau”, um die Gültigkeit der praktischen Tradition der Malerei zu beweisen. Die weiteren Ringe III bis VI demonstrieren demgegenüber die Unterschiede der Mischverhältnisse, die sich auch bei Ring I und II finden, aber für die bunten Farben. Ring III: “Mischung der primären Farben Gelb mit Rot und Rot mit Blau. 1 Teil Gelb zu 2 Teilen rot ergibt das sekundäre Orange. 3 Teile Rot zu 4 Teilen Blau ergibt das sekundäre Violett.” Hier handelt es sich um die drei traditionellen Grundfarben der Pigmente in der Malerei und es werden die Unterschiede der Mischverhältnisse beim Erzeugen ihrer Sekundärfarben gezeigt, die ebenfalls auf den Helligkeitsunterschieden basieren. Dadurch entstehen drei Grundfarben und drei Sekundärfarben, die heute als physiologische oder auch psychologische Komplementärfarben bezeichnet werden. Aus diesen sechs Farben besteht der Farbkreis von Goethe, der in Ring IV nachgebildet wird<sup>29</sup>: “Ring IV. Der sechsteilige Farbkreis nach Goethe, bestehend aus dem primären Gelb, Rot und dem sekundären Orange, Violett und Grün ergibt ein Grau.” Diesem Farbkreis nach Goethe entstammen wiederum Ring V und VI. Für Ring V lautet die Beschreibung: „Chromatischer Äquivalentenkreis nach Schopenhauer ergibt ein Grau. 3 Teile Gelb zu 9 Teilen Violett, 1/4 zu 3/4. 4 Teile Orange zu 8 Teilen Blau, 1/3 zu 2/3. 6 Teile Rot zu 6 Teilen Grün, 1/2 zu 1/2.” Dies bildete den Farbkreis, den der Philosoph Arthur Schopenhauer (1786-1860) in seiner Abhandlung *Ueber das Sehn und die Farben* (1816) entwarf<sup>30</sup>. Schopenhauer übernahm die Grundfarben von Goethe, veränderte jedoch die Mischverhältnisse entsprechend der eigenen Helligkeiten jeder Farbe<sup>31</sup>. Ring VI: “Der von Hölzel verwendete 12teilige Bezoldsche Farbkreis mit Gelb, Orange, Zinnober, Karmin, Purpur, Rotviolett, Blauviolett, Ultramarin, Cyanblau, Blaugrün, Gelbgrün ergibt ein Grau.” Dieser Farbkreis entstammt dem Werk des Physikers Wilhelm von Bezold (1837-1907), *Die Farbenlehre im Hinblick auf Kunst und Kunstgewerbe* (1874)<sup>32</sup>, nur dass dessen ungleichmäßiges Flächenverhältnis nach der Lehre des Malers Adolf Hölzel in ein gleichmäßiges verändert wurde. Hirschfeld-Mack studierte bei Hölzel “Licht und Farbe” ca. 1 Jahr vor dem Eintritt in das Bauhaus<sup>33</sup>. Dieser Bezoldsche zwölfteilige Farbkreis war der erste, den Hölzel, einer der damals berühmtesten Farbforscher<sup>34</sup>, nicht nur “theoretisch, aber auch

<sup>28</sup> NL Alma Siedhoff-Buscher, Mappe 9: Tagebuch 1920-1928 (Abschrift), Bauhaus-Archiv, Inv. -Nr. 2716/ 1-25, Tagebuch-Einträge vom 18. 3. 1923, Zitat in: Linse 2017: 8f.

<sup>29</sup> Goethe 1810: 302f.

<sup>30</sup> Arthur Schopenhauer, *Ueber das Sehn und die Farben*, Leipzig: Hartknoch, 1816.

<sup>31</sup> Schopenhauer selbst illustrierte keinen seiner beschriebenen Farbkreise. Erst der deutsche Mathematiker Guido Schreiber (1799-1871) fügte in seinem Buch *Die Farbenlehre* (1868) eigene Abbildungen der Farbkreise Schopenhauers hinzu.

<sup>32</sup> Bezold 1874: 133.

<sup>33</sup> Ludwig Hirschfeld-Mack, Brief an seine Frau Elenor, Besitz von Ello Delugan-Hirschfeld, Meran, Zitat in: Stasny 1993: 34.

<sup>34</sup> Adolf Hölzel, Einiges über die Farbe in ihrer bildharmonischen Bedeutung und Ausnützung, in: *Erster*

praktisch“ benutzte<sup>35</sup>. Eine solche Kreismischung von Farbkreisen stammte ebenfalls aus der physikalischen Optik; unter anderem von James David Forbes (1809-68), Physiker und Lehrer von Maxwell an der Universität Edinburgh, einem Zentrum der Kreisforschung, der sich zuerst 1849 an der Kreismischung von Farbkreisen versuchte:

On these principles we may expect that if the circumference of a wheel be painted with stripes of red, yellow and blue, alternating with one another, so that the extent occupied by these colours shall be in certain determinate proportions, the mixture shall appear white, or rather *neutral gray*, the wheel being put in rapid rotation<sup>36</sup>.

Forbes' Ziel war es, das Mischverhältnis so zu berechnen, dass der spektrale Farbkreis von Newton durch Rotation Weiß ergab, und ein bei der Kunstproduktion nützliches Farbsystem begründet werden konnte. Obwohl er die durch Newton geschaffene Diskrepanz zwischen dem Weiß als Mischungsergebnis der additiven Farbmischung mit spektralem Farblicht und dem Grau als Mischungsergebnis der rotierenden Farbmischung nicht lösen konnte<sup>37</sup>, gilt er als Pionier der späteren Forschung in der Psychologie am Ende des Jahrhunderts, die beispielsweise durch Kirschmann vertreten ist.

Im letzten Ring VII werden schließlich die unbunten Farben und die bunten Farben integriert. “Ring VII. Die Mischungen von Weiß, Gelb, Rot, Blau und Schwarz in exzentrischen Ringen und nach den Helligkeitswerten geordnet, ergeben die dazwischenliegenden Mischfarben in irisierenden Übergängen.” Das Schema von Ring VII stammt auch aus der physikalischen Optik. Die Grundfarben Gelb, Rot und Blau werden zwischen Weiß und Schwarz entsprechend ihres Helligkeitsgrades von der dunklen Peripherie zum hellen Zentrum hin angeordnet. Dadurch wird das Grundprinzip von Goethes Farbenlehre aufgezeigt, das auf der traditionellen Farbauffassung seit Aristoteles basiert. Demnach entstehen die Farben zwischen den beiden Extremen Licht und Finsternis bzw. Weiß und Schwarz, und durch die Intensivierung – bei Goethe als “Steigerung” bezeichnet – der Farben Gelb und Blau, die sich in der Nähe dieser Pole bilden, entsteht schließlich die Farbe Rot<sup>38</sup>.

## 4. Hintergrund des Werkes

### 4. 1. Die Veränderung der Anordnung durch Hölzel

Wie bereits gezeigt wurde, zielte *Optischer Farbmischer* von Hirschfeld-Mack auf die Demonstration verschiedener Komplementärverhältnisse, die auf den jeweiligen Helligkeits-

---

*Deutscher Farbentag auf der 9. Jahresversammlung des Deutschen Werkbundes in Stuttgart am 9. September 1919*, Berlin 1919, S. 10-26, Zitat in: Venzmer 1982: 222. “[...] und so sind in meiner Schule außer Neuesten, das wir erhalten können, auch Helmholtz, Bezold, Rood, Schreiber, Brücke, Chevreul, Wundt, Raehlmann, Jon [sic!] Burnet, Owen Jones, Bartolo Brandt [sic!], Kreutzer, Kallap [sic!], wie auch Ostwald und andere, theoretisch, aber auch praktisch, durchgearbeitet und verwertet worden.”

<sup>35</sup> Röthke 2011: 8.

<sup>36</sup> Forbes 1849: 166.

<sup>37</sup> Newton 1704: 116.

<sup>38</sup> Goethe 1810: XLI-XLII.



unterschieden basieren. Ring I und II entstammen dem Farbabstimmungs-Experiment, Ring IV, V und VI dem Kreiselexperiment für die Berechnung der Mischverhältnisse, und Ring VII der Psychophysik als Vorläufer der Experimentalpsychologie. Die Ringe IV, V und VI, die die Goetheschen Kreiseleichen berücksichtigten, weisen einige Besonderheiten auf, weswegen sie kurz genauer betrachtet werden sollen: Einerseits entsprechen die von Hirschfeld-Mack verfassten Erklärungen auf den Rückseiten nicht den wissenschaftlichen Tatsachen. Konkret schrieb er, dass alle drei Ringe Grau erzeugen, obwohl nur Ring V Grau den Beweis für die Komplementarität erbringen sollte, da nur Ring V den Einfluss der Helligkeit jeder Farbe berücksichtigte, wie im Fall von Ring I und II. Andererseits wurde die Anordnung des Goetheschen Farbkreises von links nach rechts umgewandt. Hirschfeld-Mack ordnete die warmen Farben rechts und die kalten Farben links an. Goethe, Schopenhauer und Bezold dagegen ordneten die kalten Farben ursprünglich rechts und die warmen Farben links an<sup>39</sup>. Da Hirschfeld-Mack jedoch die Farbordnung von Goethe gut kannte<sup>40</sup>, und sonst keinen Grund gehabt hätte, diese derartig anzupassen, ist zu vermuten, dass er möglicherweise von seinem Lehrer Hölzel beeinflusst wurde<sup>41</sup>. Hölzel empfahl derlei Veränderung der Anordnungen mit folgender Argumentation<sup>42</sup>: “zunächst übernehmen wir jene Farbkreise für Bildverarbeitungen, in denen Purpur an die Spitze gestellt ist, besonders, wenn gleichzeitig die warmen Farben rechts, die kalten links stehen”<sup>43</sup>. Auch in seiner Vorlesung stellte er später den Farbkreis von Goethe umgewandt von links nach rechts vor<sup>44</sup>.

#### 4. 2. Der Einfluß von Ostwald

Bei der Feststellung der Herkunft des *Optischen Farbmischers* sah Poling, der sich erstmals mit der Farbforschung von Hirschfeld-Mack beschäftigte, dessen Ziel als “investigations of color phenomena beyond the range of traditional artistic studies”. Poling vermutete, dass Hirschfeld-Mack “could have learned about these apparatuses from von Bezold or from Ostwald, if not from Goethe”<sup>45</sup>. Später schlussfolgerte Stasny, der die erste umfassende Forschung über Hirschfeld-Mack verfasste, dass Bezolds *Die Farbenlehre im Hinblick auf Kunst und Kunstgewerbe* (1874) Hirschfeld-Mack inspirierte<sup>46</sup>. Die Tatsache, dass er das durch die Kreismischung erzeugte Grau für den Beweis der Farbenharmonie hielt, deutet nach Auffassung der Autorin des

<sup>39</sup> Johann Wolfgang von Goethe, *Die Tafeln zur Farbenlehre und deren Erklärungen*, übersetzt von Fujio Maeda, Tokyo: Kousakusha, 1999 (auf Japanisch), S. 6; Guido Schreiber, *Die Farbenlehre*, Leipzig: Spamer, 1868, S. 59ff. u. Tafel I; Bezold 1874: 133.

<sup>40</sup> Ludwig Hirschfeld-Mack, Colour chart, Ian-Potter Museum, 1982. 0123. 003.

<sup>41</sup> Hirschfeld-Mack [wie Anm. 25].

<sup>42</sup> Haenlein 1982: 112f.

<sup>43</sup> Venzmer 1982: 223. Der Nachlass von Goethe enthält keine Kreiseleiche mit Innenring (Matthaei 1941: 166f.), deshalb wird die Möglichkeit eines direkten Einflusses auf Hirschfeld-Mack von der Ausstellung im Goethehaus in Weimar geleugnet.

<sup>44</sup> Emmy Wollner, *Farbtafeln zu den Vorträgen von Professor Adolf Hölzel Stuttgart*, Adolf Hölzel Stiftung Stuttgart, Zitat in: Röthke 2011: 10.

<sup>45</sup> Poling 1973: 58f. Die im Goethehaus erhaltenen Kreiseleichen haben keinen inneren Kreis, auf dem die Testfarbe gemalt wurde (Matthaei 1941: 166f.), deshalb ist es unwahrscheinlich, dass Hirschfeld-Mack direkt von der Ausstellung im Goethehaus in Weimar inspiriert wurde.

<sup>46</sup> Stasny 1993: 126f.

vorliegenden Beitrags jedoch daraufhin, dass dieser Einfluss von Wilhelm Ostwald (1853-1932) stammen musste. Stasny beschreibt zwar korrekt, dass Hirschfeld-Mack den Farbkreis, den Bezold in seinem Buch darstellte, übernahm. Allerdings ist dies entsprechend der Geschichte des Farbkreisels, die im ersten Abschnitt dargestellt wurde, kein überzeugendes Argument. Bezolds Werk war eine Einführung in die Farbforschung für Anfänger, die sich mit der künstlerischen Praxis beschäftigte und es stellt daher keine Besonderheit des Werkes dar, dass hier die rotierende Farbmischung als allgemeinste Mischmethode erklärt wurde. Zudem lehnte Bezold in seinem Werk das Grau als Beweis der Farbharmone ausdrücklich ab<sup>47</sup> und kritisierte die Farbenlehre von Goethe insofern, als sie “auf die Entwicklung der Wissenschaft durchaus keinen bleibenden Einfluss äusserte und schon längst vortreffliche Widerlegungen gefunden hat”<sup>48</sup>. Demgegenüber bezeichnete Ostwald, der eine Systematisierung der Farben mithilfe der Kreiselmischung schuf, Grau als Beweis der Harmonie<sup>49</sup>, hielt die Komplementärfarben, die durch die Kreiselmischung Grau erzeugen, für “die einfachste harmonische Beziehung”<sup>50</sup> und schätzte die Goethesche Farbenlehre als eines der umfassendsten Ergebnisse der Farbforschung<sup>51</sup>. Ostwald systematisierte die Farben anhand der Parameter “Farbton, Reinheit und Helligkeit“, die für ihn „die drei Elemente sämtlicher Farben“ waren. Diese seien eine “von Helmholtz gegeben und von niemand, auch von mir (Ostwald) nicht bezweifelte Grundlage”. Dabei bemühte er sich um eine Handhabung der Helligkeitsunterschiede der einzelnen Farben, die sich dahingehend äußerte, wie “schon Goethe [...] immer wieder hervorgehoben [hat], dass Gelb die hellste, dagegen Blau die dunkelste Farbe sei”<sup>52</sup>. Um ein unpraktisches und asymmetrisches Farbsystem, das für Ostwald durch die Verwendung der Helligkeitsunterschiede entstehen würde, zu vermeiden, führte er den Begriff “Vollfarbe” ein, der “ein[en] Farbton bei maximaler Sättigung in seiner Erscheinungsweise als Körperfarbe” bezeichnete. Die Vollfarbe enthielt nach Ostwald kein Schwarz und kein Weiß und sei die reine Farbe, weshalb deren Helligkeit die Helligkeit, die jeder Farbe eigen sei, zeige<sup>53</sup>. Mit der Einführung der Vollfarben löste er das Problem der verschiedenen Helligkeiten der Farben und vermied so die Uneinheitlichkeit des Farbkörpers. Des Weiteren hielt Ostwald die unbunten Farben, die er als Grauleiter bezeichnete, für Farben, die “das einfachere Phänomen darstellen”, und skalierte sie als “Grundlage der allgemeinen Farbenlehre”<sup>54</sup>. Daraufhin systematisierte er quantitativ alle Körperfarben als Mischverhältnis der jeweiligen Vollfarben mit Schwarz und Weiß. Dazu verwendete er einen einfachen mit der Hand betriebenen Farbkreis (Abb. 4), obwohl es damals bereits verschiedene maschinell betriebene Farbkreis gab<sup>55</sup>. Dieses Verfahren ist genau das, was man mit dem *Optischen*

---

<sup>47</sup> Bezold 1874: 224. “Man glaubte, den günstigsten Eindruck dann zu erzielen, wenn die einzelnen Farben in solchen Mengen sich vorfänden, die Mischung aus allen reines Grau [sic!] gäbe. Die Unrichtigkeit dieses vermeintlichen Grundsatzes wurde a. a. O. eingehend erwiesen.”

<sup>48</sup> Bezold 1874 (Vorrede): 13.

<sup>49</sup> Gage 1999: 257.

<sup>50</sup> Ostwald 1919: 3.

<sup>51</sup> Maeda 2004: 27.

<sup>52</sup> Ostwald 2003: 550. Ostwald war unzufrieden damit, dass die Berücksichtigung der Helligkeitsunterschiede bei der Farbkugel von Munsell fehlte, sodass er sich entschloss, selbst ein Farbsystem zu entwickeln.

<sup>53</sup> Bendin 2014b: 68.

<sup>54</sup> Ostwald 1937: 403.

<sup>55</sup> Ostwald 2003: 551.

*Farbmischer* von Hirschfeld-Mack erleben kann. Man lernt dort als erstes die Unterschiede der Helligkeiten, die jeder Farbe eigen sind, kennen. Als nächstes erlebt man mit den Buntfarben, vor allem mit den sechs psychologischen/physiologischen Grundfarben von Goethe, dass die Mischverhältnisse, die ein neutrales Grau erzeugen, von der Helligkeit jeder Farbe abhängig sind. Zum Schluss erlebt man schließlich die Buntfarben und die unbunten Farben zusammen.

Bezüglich der Frage der Bedeutung der Farbe Grau bei Hirschfeld-Mack gibt es bisher keine eindeutigen Antworten. Es ist noch ungeklärt, ob Grau als symbolischer Beweis der Harmonie oder als Anregung zur Diskussion dienen sollte, sodass dies weiterer Untersuchung bedarf. Allerdings musste es Hirschfeld-Mack bewusst gewesen sein, dass die Beobachtung der Farbmischung mit einem Handkreisel äußerst instabil und das Mischerzeugnis nur kurz beobachtbar ist<sup>56</sup>. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass er im *Optischen Farbmischer* kein physio-physikalisch praktisches Instrument sah, sondern eher eine Möglichkeit, analog zu Ostwald die Farbe Grau als Mischerzeugnis zu demonstrieren. Zusammen mit dem hohen Ansehen der Farbenlehre Ostwalds am Bauhaus deutet dies auf den Einfluss von Ostwald hin.

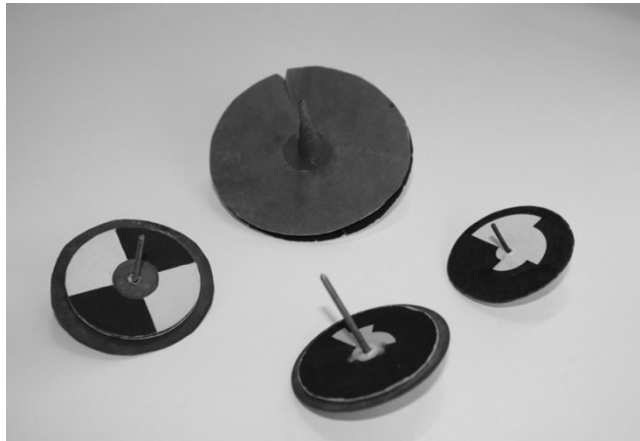


Abb. 4: Handkreisel von Wilhelm Ostwald, o. D., Wilhelm-Ostwald-Archiv (©Gerda u. Klaus Tschira Stiftung).

## 5. Ein manifestierendes Kunstwerk

Wie oben gezeigt wurde, war *Optischer Farbmischer* von Hirschfeld-Mack kein optisches Spielzeug wie die Benham Scheibe, sondern ein konkretes Medium, um die Möglichkeit einer wissenschaftlich basierten Beweisführung der Farbenlehre Goethes zu schaffen, die in den damaligen Versuchen im Bereich der experimentellen Psychologie aufgegriffen worden war<sup>57</sup>, und um die Diskussion darüber auch im Bereich der Kunst zu beleben. Damals war die Tradition, dass sich die Farbe der Form unterordnete, sogar beim Bauhaus noch tief verwurzelt<sup>58</sup>, und die Farbenlehre von Goethe, die die Farbe vielseitig physikalisch-physiologisch-psychologisch als ein selbstständiges Phänomen auffasste, war nicht die allgemein anerkannte, hauptsächliche Farbenlehre. Allerdings wurde Goethes Farbenlehre am Bauhaus in Weimar am intensivsten diskutiert und insbesondere Schulleiter Walter Gropius (1883-1969), die Meister Paul Klee und Wassily Kandinsky, sowie die Hölzel-Schüler Itten und Hirschfeld-Mack beschäftigten sich mit ihr<sup>59</sup>. Bei der großen Bauhaus-Ausstellung 1923, die auf eine Werbewirkung für das In- und

<sup>56</sup> Bergmann; Löw; Saamer 2017. Bendin warnte in seiner persönlichen Mitteilung an die Autorin am 14. Nov. 2018 vor der Situation, in der die Instabilität der Farbmischungsexperimenten in vielen Studien ignoriert wurde, um klare Schlussfolgerungen zu ziehen.

<sup>57</sup> Krueger 1926: 4.

<sup>58</sup> Gage 1999: 257.

<sup>59</sup> Schimma 2009: 55ff.

Ausland zielte, plante Gropius, den traditionellen künstlerischen Farbkreis von Runge und das moderne wissenschaftliche Farbsystem von Ostwald im Vestibül auszustellen, um „Goethes Ideen über die Zusammenhänge von Kunst und Wissenschaft zu demonstrieren“<sup>60</sup>. Zu diesem Zeitpunkt änderte das Bauhaus sein Ziel von der Einheit der Künste zu “Kunst und Technik – eine neue Einheit”<sup>61</sup>; man wandte sich sozusagen vom Inneren der Kunst hin zum Design. Betrachtet man diese Entwicklung, so kann man sagen, dass Hirschfeld-Mack der Erste war, der die künstlerisch-wissenschaftlich integrierte Farbenlehre von Goethe und den Handkreisel als wissenschaftliches Instrument übernahm, um das in der Dessauer Zeit verwirklichte Ziel der “neuen Einheit” der “Kunst und Technik” zu erreichen. Dies ermöglichte es Hirschfeld-Mack, weitreichende Erkenntnisse über die neue Farbforschung mit seiner Flexibilität zu vereinen, und damit die neue Einheit von Kunst und Technik, die heute in der Medienkunst realisiert ist, frühzeitig zu übernehmen. Diese Beobachtung stützt sich sowohl darauf, dass Hirschfeld-Mack als einer der ersten Gesellen in der Gesellen- und Lehrlingsvertretung angestellt war<sup>62</sup>, als auch darauf, dass Gropius, als das Bauhaus umzog und Hirschfeld-Mack nicht mit umziehen wollte, “ihm [...] eine freie Stelle für 100.- RM [...]“ anbot<sup>63</sup>, und dass Gropius ihn aus den USA mit der Bitte anscrieb, ihm eine “Curriculum vitae” auf Englisch zu schicken, um ihm eine passende “Gelegenheit” (Anstellung) zu suchen<sup>64</sup>.

Hirschfeld-Mack hatte zum Bauhaus ein ausgeprägtes Zugehörigkeitsgefühl, sodass er immer wieder forderte, Produkte des Bauhauses, einschließlich des hier behandelten *Optischen Farbmischers*, ohne Nennung eines einzelnen Künstlers lediglich als Produkt der Schule zu verkaufen<sup>65</sup>. Für ihn war der Beweis für die Möglichkeit der Einheit von Kunst und Technik keine persönliche Angelegenheit, sondern ein Prüfstein für die Zukunft des Bauhauses. Sein *Optischer Farbmischer* war das erste Ergebnis, das diesen Beweis für die Einheit von Kunst und Technik sowohl künstlerisch als auch kommerziell erbrachte.

## Literatur

- Bendin, Eckhard. 2014a. *Historischer Exkurs Farbkreisel* (für Basic Box ‘Color Cosmos’), Dresden: edition bendin.
- Bendin, Eckhard. 2014b. *Zur Farbenlehre. Studienausgabe* (für Basic Box ‘Color Cosmos’), Dresden: edition bendin.
- Bergmann, Kati; Löw, Martina; Saamer, Kay. 2017. Forschung am bewegten Farbobjekt. Ein Ergebnisbericht, in: Konrad Scheurmann u. André Karliczek [Hg.], *GesprächsStoff Farbe:*

<sup>60</sup> Walter Gropius, Brief an die Hochschule für bildende Kunst, 23. 1. 1923, Zitat in: Wingler 1962: 77. Dieser Plan wurde nach der Abänderung aufgrund des Widerstands der Großherzoglich Sächsischen Hochschule für Bildende Kunst in Weimar verwirklicht (Herzogenrath 1988: 171).

<sup>61</sup> Herzogenrath 1968: 20.

<sup>62</sup> Stasny 1993: 4 u. 60.

<sup>63</sup> Elinor Hirschfeld, Erinnerungen aus meinem Leben, maschinschriftliches Manuskript, nach Diktat von 1941, Sammlung Ello Delugan-Hirschfeld, Meran, Zitat in: Stasny 1993: 66.

<sup>64</sup> Walter Gropius, Letter to Ludwig Hirschfeld-Mack, 27. 10. 1937, University of Melbourne Archives, 71/ 9/ 2/ 1/ 23/ 1.

<sup>65</sup> Thüringisches Hauptstaatsarchiv Weimar, Bauhausakte 192, S. 46, Zitat in: Stasny 1993: 65.

- Beiträge aus Wissenschaft, Kunst und Gesellschaft*, Köln: Böhlau, S. 618-631.
- Bezold, Wilhelm von. 1874. *Die Farbenlehre im Hinblick auf Kunst und Kunstgewerbe*, Braunschweig: George Westermann.
- Boring, Edwin G. 1942. *Sensation and Perception in the History of Experimental Psychology*, New York: Appleton-Century-Crofts.
- Forbes, James David. 1849. Hints toward a Classification of Colours, in: *The London, Edinburgh and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*, vol. 34, pp. 161-178.
- Gage, John. 1999. *Colour and Culture: Practice and Meaning from Antiquity to Abstraction*, Oakland: University of California Press.
- Gilbert, Basil. 1966. The Reflected Light Compositions of Ludwig Hirschfeld-Mack, in: *Form*, no. 2, Cambridge: Philip Stedman, pp. 10-14.
- Goethe, Johann Wolfgang von. 1810. *Zur Farbenlehre*, Bd. I, Tübingen: Cotta.
- Haenlein, Carl. 1982. *Adolf Hölzel. Bilder, Pastelle, Zeichnungen, Collagen*, Ausst. Kat., Hannover: Kestner Gesellschaft.
- Helmholtz, Hermann von. 1867. *Handbuch der physiologischen Optik*, Leipzig: Leopold Voss.
- Herzogenrath, Wulf [Hg.]. 1968. *50 Jahre Bauhaus*, Ausst. Kat., Stuttgart: Württembergischer Kunstverein.
- Herzogenrath, Wulf. 1988. *bauhaus utopien*, Stuttgart: Hatje Cantz.
- Krueger, Felix. 1926. Vorbemerkungen, in: Felix Krueger u. August Kirschmann [Hg.], *Licht und Farbe. Neue psychologische Studien*, Bd. 2, München: C. H. Beck'sche Verlagsbuchhandlung, S. 1-13.
- Kuehni, Rolf G. 2010. A brief History of Disk Color Mixture, in: *COLOR research and application*, vol. 35, no. 2, pp. 110-121.
- Linse, Ulrich. 2017. *Die Mazdaznan-Pädagogik des Bauhaus-Meisters Johannes Itten*, in: Peter Bernhard [Hg.], *bauhaus vorträge. Gastredner am Weimarer Bauhaus 1919-1925*, Anhang, Berlin: Gebr. Mann Verlag, [[http://www.bauhaus.de/de/bauhausarchiv/2129\\_publicationen/2132\\_bauhaus\\_vortraege/](http://www.bauhaus.de/de/bauhausarchiv/2129_publicationen/2132_bauhaus_vortraege/)] (abgerufen am 6. Mai. 2021).
- Maeda, Fujio. 2004. Kohärenz und Stufung. Physikochemische Farbenlehre von Ostwald und Goethes Farbenlehre, in: *Morphologia*, Nr. 26, Tokyo: Nakanishiya, 2004 (auf Japanisch), S. 26-42.
- Maltzahn, Hellmuth Freiherrn von [Hg.]. 1940. *Philipp Otto Runge's Briefwechsel mit Goethe*, Verlag der Goethe-Gesellschaft.
- Matthaei, Rupprecht. 1941. *Die Farbenlehre im Goethe-Nationalmuseum*, Jena: Gustav Fischer.
- Maxwell, James Clerk. 1855. *Experiments on Colour, as perceived by the Eye, with Remarks on Colour-blindness*, Transactions of the Royal Society of Edinburgh, vol. 21, part 2.
- Musschenbroek, Pierre van. 1769. *Cours de physique experimentale et mathématique*, trad. Sigaud de la Fond, Leyde: Samuel & Jean Luchtmans.
- Newton, Isaac. 1704. *Opticks*, London: Sam. Smith and Benj. Walford.
- Ostwald, Wilhelm. 1919. *Der Farbkörper und seine Anwendung zur Herstellung farbiger Harmonien*, Leipzig: Unesma.
- Ostwald, Wilhelm. 1937. Grundsätzliches zur messenden Farbenlehre. Zweiter Teil, in: *Sitzungsberichte der Preußischen Akademie der Wissenschaften. Physikalisch-*

*Mathematische Klasse*, Bd. 30, S.402-416.

- Ostwald, Wilhelm. 2003. *Lebenslinien – Eine Selbstbiographie*, überarb. v. Karl Hansel, Leipzig: Verlag der Sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig.
- Poling, Clark V. 1973. *Color Theories of the Bauhaus Artists*, Diss. Phil. Columbia University.
- Rood, Ogden N. 1879. *Modern Chromatics*, New York: D. Appleton and Company.
- Röthke, Ulrich. 2011. Die Farbe ist das Complicierteste. Hölzels Farbenlehre im Kontext seines Kunstunterrichts, in: *Kunstgeschichte Open Peer Reviewed Journal*, Lehrstuhl für Kunstgeschichte u. der Universitätsbibliothek der Universität Regensburg.  
(<https://www.kunstgeschichte-ejournal.net/211/1/Farbenlehre.pdf>)
- Rowland, Anna. 1988. Business Management at the Weimar Bauhaus, in: *Journal of Design History*, vol. 1, no. 3/4, Oxford: Oxford University Press, pp. 153-175.
- Saamer, Kay. 2017. Überlegungen zu einer Klassifizierung didaktischer und wissenschaftlicher Farb-Kreiselscheiben und ihrer Antriebe als Grundlage verlässlicher und wiederholbarer Experimente mit wissenschaftlicher Dokumentation, in: Konrad Scheurmann u. André Karliczek [Hg.], *GesprächsStoff Farbe: Beiträge aus Wissenschaft, Kunst und Gesellschaft*, Köln: Böhlau, S. 632-633.
- Sabra, Abdelhamid I. 1989. *The Optics of Ibn al-Haytham*. London: The Warburg Institute, University of London.
- Schirma, Sabine. 2009. Die lebendigen Kräfte der Farben; Farbenlehren am Weimarer Bauhaus, in: *Das Bauhaus kommt aus Weimar*, München: Deutscher Kunstverlag, S. 255-259.
- Stasny, Peter. 1993. *Ludwig Hirschfeld-Mack (1893-1965): Bauhausgeselle in Weimar*. Diss. phil., Wien.
- Venzmer, Wolfgang. 1982. *Adolf Hölzel. Leben und Werk*, Stuttgart: Deutsche Verlagsanstalt.
- Wingler, Hans Maria. 1962. *Das Bauhaus, Weimar, Dessau, Berlin 1919-1933 und die Nachfolge in Chicago seit 1937*, Bramsche: Verlag Gebr. Rasch & Co.