

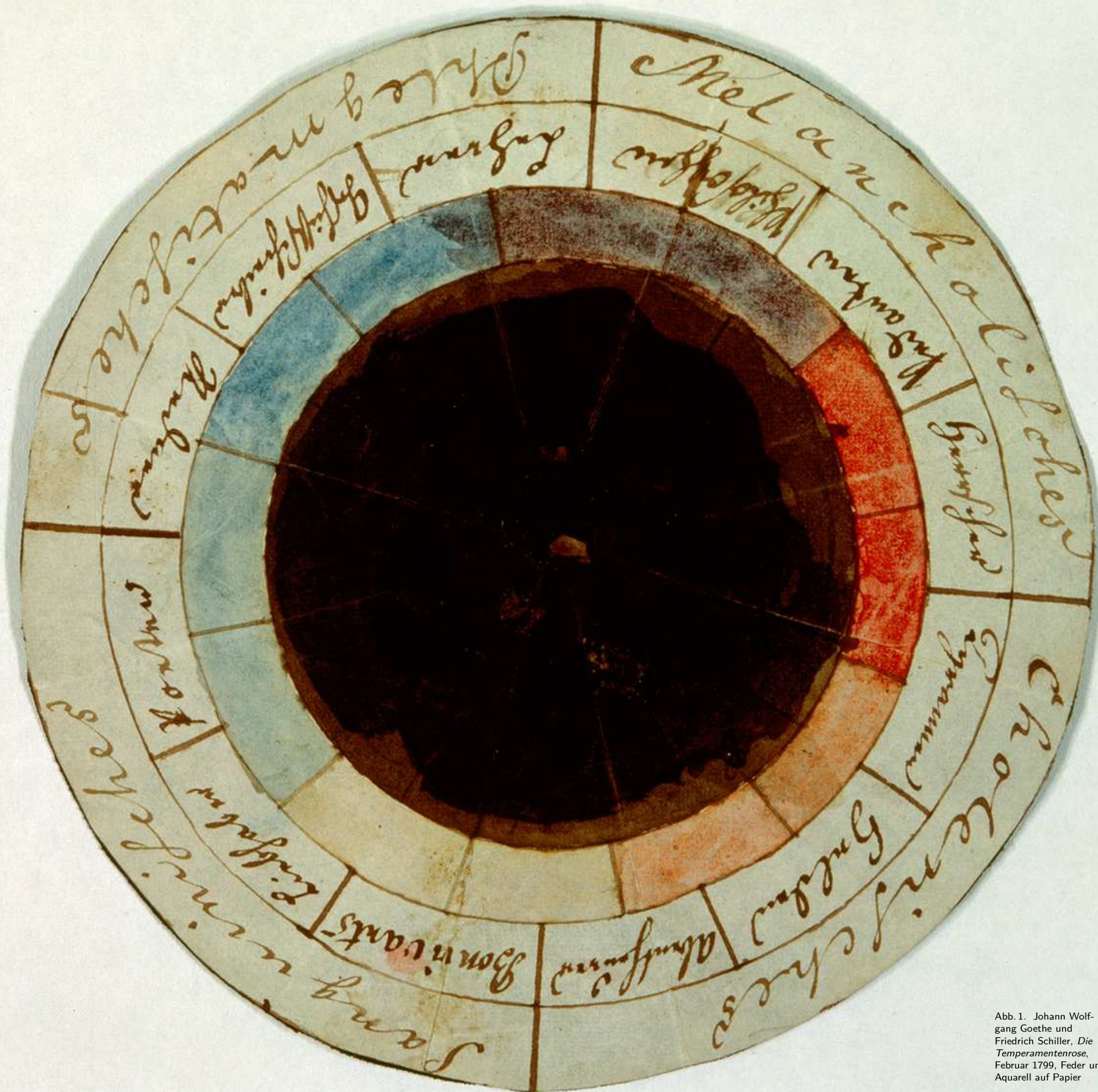


Abb. 1. Johann Wolfgang Goethe und Friedrich Schiller, *Die Temperamentenrose*, Februar 1799, Feder und Aquarell auf Papier

GOETHE UND DIE ORDNUNG DER FARBENWELT

Johann Wolfgang Goethe ist der einzige Dichter von Weltrang, der es gewagt hat, eine etablierte naturwissenschaftliche Theorie anzugreifen. Seine umfangreichste Schrift, die tausendseitige *Farbenlehre* (1810) bietet eine Generalattacke auf Newtons *Opticks* (1704).

Die *Farbenlehre* besteht aus drei Teilen. In ihrem **didaktischen** Teil beschreibt Goethe eine unermessliche Vielfalt von Farbphänomenen und Farbexperimenten. Schon dadurch hofft er, Newtons Theorie zu erschüttern, die sich - wie Goethe meint - nur auf eine einseitige Auswahl der Farbphänomene stützt. Im **polemischen** Teil der *Farbenlehre* übersetzt Goethe den wichtigsten Teil von Newtons *Opticks*, und zwar in kleingedruckter Schrift, um seine eigene Kritik immer gleich an Ort und Stelle in grossgedruckter Schrift zu

placieren. Und im **historischen** Teil der *Farbenlehre* stellt Goethe die Wissenschaftsgeschichte unseres Denkens über die Farben dar - von der Antike bis zum Beginn des neunzehnten Jahrhunderts. Hier lobt er die vielen Vorläufer seiner eigenen Theorie und beschreibt indigniert, welche dubiosen Machtmittel die Newtonianer eingesetzt haben, um ihre Theorie durchzuboxen.

Während sich Physiker über alles das empören, während Liebhaber der Dichtung Goethes die Sache lieber auf sich beruhen lassen wollen und während Psychoanalytiker dem Farbenforscher Goethe eine ernste Psychose andichten, hat Goethe seine *Farbenlehre* für wichtiger gehalten als eine Handvoll seiner Dramen. Er hatte recht.

Goethe war nicht verrückt. Zwar hatte er einen ästhetischen, ja moralischen Widerwillen gegen Newtons Experimente mit

weissem und buntem Licht; er fand es unfair, wie Newton die Natur auf die Folter spannte. Aber er leugnete nicht die unbestreitbaren Beobachtungen, die man mit dem kalten Auge des empirischen Naturwissenschaftlers sehen kann. Er bestritt lediglich die Beweiskraft dieser Beobachtungen. Und obwohl er sich genau wie Newton auch für die Farben der Maler interessierte, für Farben, die an den Gegenständen kleben, nimmt er in erster Linie vergänglichere Farben in den Blick: Himmelsblau, Abendrot, Feuerschein, farbige Schatten, Regenbögen, und die bunten Phänomene, die sich mithilfe von Glas- oder Wasserprismen hervorzaubern lassen.

NEWTONS GRUNDEXPERIMENT

Schauen wir Newton bei der experimentellen Arbeit über die Schulter (siehe Abb. 2). An einem schönen Sonnentag verdunkelt Newton ein nach Süden gelegenes Zimmer, bohrt in den Fensterladen eine

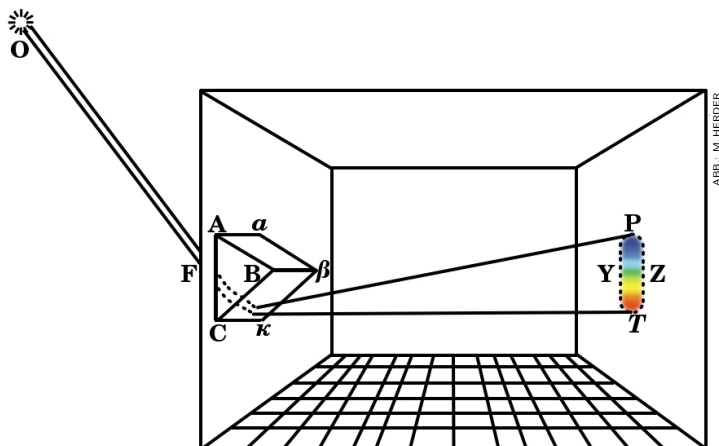


Abb. 2. Newtons Grundexperiment (Farbgraphik nach einer Schwarz/Weiss-Zeichnung aus Newtons Skizzenbuch)

winzige kreisrunde Lochblende, bringt unmittelbar hinter dieser Blende ein Glasprisma an und fängt mit einer weissen Tafel zweiundzwanzig Fuss hinter dem Prisma an geeigneter Stelle alles Licht auf, das von der sonnenbeschiene- nen Lochblende durchs Prisma gefallen ist und dabei (gemäss Brechungsgesetz) seine Richtung verändert hat. Newton beobachtet zweierlei. Der aufgefangene Lichtfleck ist nicht weiss, sondern regenbogenbunt, und nicht rund, sondern fünfmal so lang wie breit. (S. Abb. 3). Am einen Ende ist dieser Farbstreifen blau, am anderen Ende rot; dazwischen türkis (cyanblau), grün und gelb. Natürlich sind die Übergänge zwischen allen diesen Farben fließend, aber um nicht immer von allen Zwischentönen reden zu müssen, wollen wir mit fünf Farben des Spektrums vorliebnehmen, die dann schematisch so aussehen:



Abb. 3. Newtonspektrum

Durch sorgfältige Messung und Berechnung findet Newton heraus, dass die Breite des aufgefangenen Farbstreifens den Erwartungen entspricht, so wie sie sich aus den geometrischen Parametern der Situation (aus dem Radius der Sonne und der Blende, dem Abstand der Tafel vom Prisma usw.) berechnen lässt. Überraschend ist die Länge des Farbstreifens - und seine Farbigkeit. Wenn man sich nun den buntgefärbten Streifen der Länge nach zusammengesetzt denkt, und zwar als Nebeneinander aus einem blauen, einem türkisfarbenen, einem grünen, einem gelben und einem roten Farbfleck, dann drängt sich der Verdacht auf, dass verschiedenfarbige Lichtstrahlen das Prisma in leicht unterschiedlicher Richtung verlassen haben müssen. (Siehe Abb. 2).

Das Prisma hat also den farblosen Lichtstrahl (der von der Sonne durch die Lochblende aufs Prisma gelangte) in verschiedenfarbige Lichtstrahlen zerlegt, indem es dessen blauen Anteil stärker vom Weg abgelenkt hat als den türkisfarbenen, den türkisfarbenen stärker als den grünen usw. Kurz, das weisse Licht der Sonne ist eine Mischung verschiedenfarbiger Lichtstrahlen, die auf dem Weg durchs Prisma verschieden stark gebrochen werden. Und um die Probe aufs Exempel zu machen, vereinigt Newton die getrennten Farben wieder, indem er sie allesamt (in der dunklen Umgebung seiner Dunkelkammer) mit einer Linse auf einen Punkt wirft. Ergebnis - ein weisser Fleck, der also eine Mischung der verschiedenen Farben sein muss (Weissynthese). So weit Newton.

GOETHE'S GEGENEXPERIMENT

Non sequitur! – ruft Goethe. Aber statt

(wie die ewigen Skeptiker) nörgelnd im Lehnstuhl sitzen zu bleiben, springt Goethe auf und macht eigene Experimente. Er variiert die Parameter der newtonischen Experimente, "vermannigfaltigt die Erfahrungen".

Dabei macht er eine erstaunliche Entdeckung. Wenn man die Rollen von Licht und Dunkelheit in Newtons Experiment systematisch vertauscht, wenn man also das Sonnenlicht nicht durch eine kleine Blende in die Dunkelkammer schickt (wie Newton), sondern ihm einen Schattensteg entgegensetzt, dann zeigt sich ebenfalls ein farbiges Spektrum: auch bunt und genauso leuchtstark wie das newtonische Spektrum, aber mit anderen Farben! Genauer gesagt, lässt sich das glatte Gegenteil des newtonischen Spektrums blicken - sein Farbnegativ sozusagen. Anstelle des newtonischen Spektrums:



Blau, Türkis, Grün, Gelb, Rot (Abb. 4 oben u. Abb. 12)

findet Goethe (bei Vertauschung der Rollen von Licht und Finsternis) das komplementäre Spektrum:



Gelb, Rot, Purpur, Blau, Türkis (Abb. 4 unten u. Abb. 13).

Fortsetzung auf S. 7



Abb. 4. Oben: Das newtonische Spektrum, Ausschnitt aus einem Aquarell von Goethe (s. Abb. 15), gedreht um 180°.

Unten: Goethes Komplementärspektrum, Ausschnitt aus einem Aquarell von Goethe (s. Abb. 15).

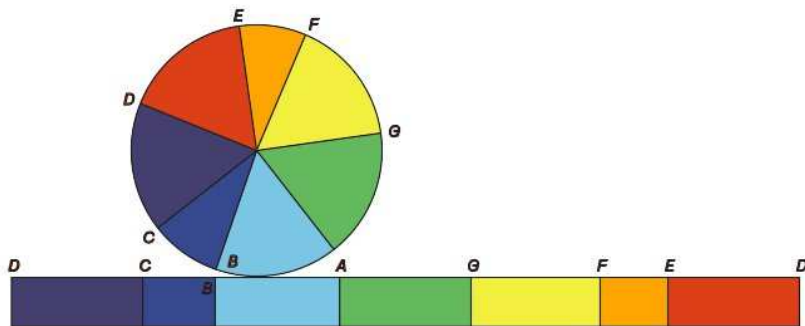


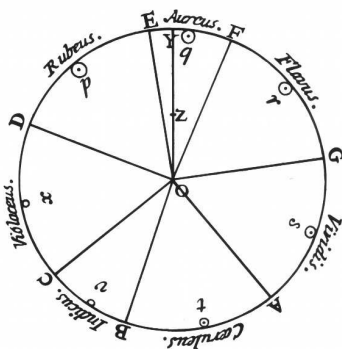
Abb. 5. Wie Newton das langgestreckte Farbspektrum zu einem Kreis aufrollt

NEWTONS SIEBENTEILIGER FARBKREIS

Einer der ersten Farbkreise stammt von Isaac Newton (Abb. 6). In seinen *Opticks* bringt Newton einen Kreis aus sieben diskreten Farben, die er dem kontinuierlichen Band seines Spektrums entnimmt. Wieviele Farben Newton in den Kreis aufnimmt und wo genau er seine Schnitte setzt, ist ein wenig willkürlich. (Siehe DER KONKURRENZKREIS DES POETEN). Er versucht, mit sieben Farben die harmonischen Proportionen der sieben Tonschritte aus der musikalischen Oktave nachzubilden. Zudem soll der Kreis Malern beim Farbenmischen helfen.

Wie aber gelangt Newton von einem geradeaus langgestreckten Spektrum ausgerechnet zu einem Kreis? Einfach: Newton fährt sozusagen mit einem Nudelholz auf dem geraden Newtonspektrum aus buntem Kuchenteig (Abb. 3) entlang, wobei er dessen Extrempole Rotorange (*Rubeus*) bzw. Blauviolett (*Violaceus*) in einen einzigen Punkt D fast schon gewaltsam zusammenklebt (Abb. 5). Wo sich in diesem Kreis bei D Rotorange und Blauviolett berühren, da treffen also zwei Farben aufeinander, die laut Newton in der Natur weit voneinander entfernt sind und die viel verwandter aussehen, als sie sind. Für Goethes Lieblingsfarbe Purpur ist in diesem Schema kein Platz, diese Farbe verschwindet bei Newton gleichsam bis zur Bedeutungslosigkeit – und darüber ist Goethe empört. Schlimmer noch, das Purpur verschwindet in einem völlig willkürlichen Punkt D des newtonischen Farbkreises, nämlich im Berührungspunkt zweier anderer Farben. (Wenn man sich Newtons Farbkreis als Zifferblatt einer Uhr vorstellt, dann zeigt der Stundenzeiger ausgerechnet um 10:40 Uhr auf den Punkt D).

Abb. 6. Newtons Farbkreis aus dem Jahr 1704



DER KONKURRENZKREIS DES POETEN

Goethes eigener sechsteiliger Farbkreis (Abb. 7) enthält eine Farbe weniger als Newtons Farbkreis – doch bei genauerem Hinsehen zeigt sich, dass Goethes Kreis am Ende eine grössere Farbenvielfalt umfasst als Newtons. Goethe reduziert zwar zunächst Newtons sieben Farben auf bloss fünf Farben, indem er innerhalb von Newtons Farberdrilling Blau - Indigo - Violett (*Cæruleus*, *Indicus*, *Violaceus*) nur zwei Farben (Blau und Violett) unterscheidet und indem er Newtons Zwilling Rot - Orange (*Rubeus*, *Aureus*) in eine einheitliche Farbe Rotorange zusammenfasst. Wo man solche Schnitte im Kontinuum setzt, ist bloss eine Frage der Konvention, und bei den Blau- und Rottönen bevorzugen die beiden Farbforscher unterschiedliche Konventionen – anders als bei den Gelb- und Grüntönen, wo sich beide Farbforscher derselben Einteilung bedienen.

Nach diesen konventionsbedingten Reduktionen von sieben auf fünf Farben

J.W. Goethe: *Die Schriften zur Naturwissenschaft*, Leopoldina-Ausgabe, H1, Bd. 4-7, (Weimar 1947 ff).

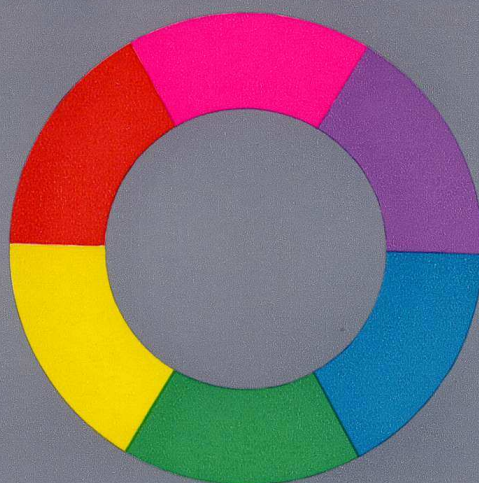


Abb.7. Goethes Farbkreis in der Rekonstruktion von Rupprecht Matthaei (1932)

schaftt sich Goethe Raum für eine neue eigene Farbe, die bei Newton fehlt – das Purpur. Und dieser Schachzug bietet mehr als die Einführung einer neuen Konvention, er bietet eine Revolution. Man könnte sagen, dass Goethe Newtons Farbkreis an der entscheidenden Stelle D wieder aufgeschnitten hat (Abb. 8), um dort das heissgeliebte Purpur einzukleben. Und dann hat er das kreisrunde Ergebnis so gedreht, dass sich sein Purpur nicht mit irgendeiner Stelle des Farbkreises begnügen muss wie bei Newton (10:40 Uhr, siehe NEWTONS SIEBENTEILIGER FARBKREIS), sondern an dessen wichtigster Stelle residiert: ganz oben (sozusagen um 12 Uhr, am Höhepunkt des Tages). Goethe hat seinen Farbkreis mit voller Absicht purpurn gekrönt. Dem Purpur kommt – so wie dem gegenüberliegenden Grün – eine besondere Stelle zu. Um zu verstehen warum, muss man sich ein kleines Stück in Goethes eigene Lehre von den Farben vertiefen. Siehe GOETHES FARBKREIS IM LICHT SEINER EIGENEN FARBENLEHRE.

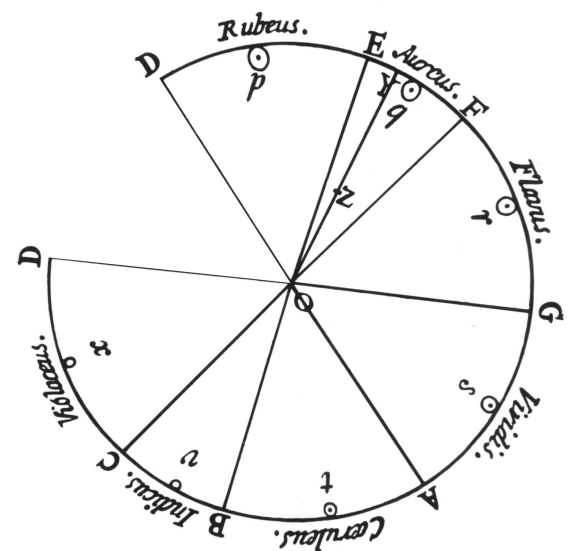


Abb.8. Um aus Newtons Farbkreis (Abb. 6) Goethes Konkurrenzkreis (Abb. 7) zu erzeugen, muss man Newtons Kreis zuallererst am Punkt D aufschneiden und auseinanderbiegen; dadurch entsteht Platz für Goethes Lieblingsfarbe Purpur.



Abb. 9. Goethes Farbkreis mit z. T. kontinuierlichen Übergängen. Aquarell von Goethes Hand (Datierung: 5.2.1829)

seines Farbkreises damit, dass er es sich mit den Malern seiner Zeit nicht verderben wollte. Die hatten gerade erst gelernt, auf der Palette aus einigen wenigen Grundfarben die ganze bunte Welt zusammenzumischen. Newton hatte Verbündete dringend nötig und hoffte auf kräftigen Rückenwind aus der Avantgarde der malenden Zunft (die damals viel enger mit der Naturwissenschaft verbandelt war als heutzutage). Und so lag ihm viel an dem Anschein, dass seine Theorie angeblich ebenfalls nur eine kleine Anzahl an Grundfarben postulierte, aus denen der ganze Rest besteht - obwohl im Kleingedruckten seiner Theorie von unendlich

vielen Grundfarben die Rede ist.

Auch bei Goethe kommen im Kleingedruckten beliebig feine Farbschattierungen vor. Doch nicht nur da. Zwar druckte er seinen Farbkreis bunt, konnte also im Druck kein farbiges Kontinuum realisieren. Aber noch der achtzigjährige Goethe hat kontinuierliche Farbkreise produziert - von eigener Hand. Abbildung 9 zeigt ein Aquarell Goethes vom 5. Februar 1829, das fälschlich von den Weimarer Archivaren als *Achtheiliger Farbkreis* rubriziert wurde. Zählen Sie selbst: Wieviele Farben hat Goethe uns zeigen wollen?

ÜBER BELIEBIG FEINE FARBSCHATTIERUNGEN IN DEN FARBKREISEN

Massenhaft viele verschiedene Farbschattierungen lassen sich kaum drucken; zu Newtons oder Goethes Zeit war das erst recht ein Ding der Unmöglichkeit. Erklärt dies vielleicht, warum in den Farbkreisen der beiden Farbforscher immer nur sechs bis sieben Farben vorkommen? Nein. Newton hat seinen Farbkreis überhaupt nicht bunt drucken lassen, dafür war er zu sparsam. Er hätte seinen schwarzgedruckten Farbkreis (Abbildung 6) sehr wohl feiner unterteilen können, ohne deswegen einen Bankrott wegen überbordender Buntheit zu riskieren. Vielleicht erklärt sich die Sparsamkeit

GOETHES FARBKREIS IM LICHT SEINER EIGENEN FARBENLEHRE

Goethe hat seinen Farbkreis erfunden, um Ordnung im bunten Durcheinander der Farberscheinungen zu schaffen und um seine eigene Farbenlehre übersichtlich darzustellen. Die hat mit Newtons Spektrum herzlich wenig zu tun. Links in Abbildung 10 sieht man eine inoffizielle Vorversion des endgültigen Farbkreises aus Abbildung 7. Die gesamte Abbildung trägt den kryptischen Titel *Annäherung an den Magneten* und deutet darauf hin, dass Goethe in der Farbenwelt eine bipolare Ordnung ausmachen wollte, so wie sich alle magnetischen Phänomene im Spannungsfeld zwischen magnetischem Süd- und magnetischem Nordpol einordnen lassen.

Die beiden gleichberechtigten Pole, in deren Spannung sich die gesamte Farbenwelt entfaltet, sind für Goethe erstens weisses Licht und zweitens schwarze Finsternis. Die Farbphänomene lassen sich für Goethe aus diesen beiden Polen erzeugen, wenn trübe Medien dazwischenkommen, also Medien wie mattes Glas, neblige Luft, verschmutztes Wasser, dünnes Papier. Das sind Medien, die weder vollkommen transparent noch vollkommen opak sind, die also weisses Licht weder ungehindert durchlassen noch ganz vom Durchgang abhalten. Um mittels trüber Medien aus den beiden Polen Licht und Finsternis die Farben hervorzuzaubern, lädt uns Goethe zu zwei entgegengesetzten Arten der Farberfahrung ein: Einerseits kann man schwarze Finsternis durch ein beleuchtetes trübes Medium betrachten, dann erscheint ein blauer Farbeindruck - andererseits kann man weisses Licht durch ein unbeleuchtetes trübes Medium betrachtet, dann erscheint ein gelblicher Farbeindruck.

Abb. 10. *Symbolische Annäherung des Magneten*. Goethes Farbkreis vor dessen Zusammensetzung (links) sowie diverse Spektren. Aquarell von Goethes Hand (Datierung: Jena 15.11.1798)

Den ersten Fall bieten z.B. Berge, die mit finsternen Wäldern bedeckt sind; an nicht ganz klaren Tagen sehen sie aus der Ferne blau aus. Hier bildet die dunstige Luft das leicht trübe Medium zwischen Betrachter und berglicher Finsternis. Vergrössert der Betrachter seinen Abstand von den Bergen, so steigt die Gesamttrübe des Mediums, und die Berge wirken blasser, heller, aber immer noch bläulich; bei zunehmender Transparenz des Mediums steigert und sättigt sich hingegen der Farbeindruck bis hin zum "schönsten Violett", sagt der Dichter. Ganz rechts in unserer Abbildung 10 sieht man einen Farbstreifen, der die ganze Bandbreite der bunten Wirkungen des Finsternispols bei Betrachtung durch trübe Medien vorführt: oben die ersten blassen Effekte (hellblau), unten die sattesten Effekte in ihrer violetten Steigerung. (Stimmt das alles? Haben Sie schon einmal violette Berge gesehen? Müsste - wenn Goethe recht hätte - nicht auch der Himmel zuweilen violett aussehen, an fast ganz klaren Tagen oder doch für Bergsteiger auf dem Mount Everest? Aber seien Sie nicht zu ungerecht. Immerhin hat Newton ebenfalls keine Antwort auf die Frage, warum der Mittagshimmel bei Sonnenwetter blau ist!)

Links neben dem eben betrachteten Abbildungsteil hat Goethe den entgegengesetzten Fall illustriert: Farbeindrücke, die sich beim Blick durch trübe Medien auf weisses Licht etwa der Sonne ergeben. Tagsüber sieht die Sonne bei dunstiger Luft blassgelb aus, abends aber orange (wenn sie schräg steht, also durch breitere Luftschichten von insgesamt grösserer Trübe betrachtet wird). Dieser Effekt kann sich bis ins Rubinrot hinein steigern, wie am oberen Ende dieses Teils der Abbildung gezeigt. (Aus Sicht der heutigen Physik ist Goethes Erklärung des Abendrots



KLASSIK STIFTUNG WEIMAR/HERZOGIN ANNA AMALIA BIBLIOTHEK

abwegig; aber die heutige Sicht setzt Newtons Lehre voraus).

Betrachten wir jetzt das vierfach unterbrochene Oval in Abb. 10. Die beiden parallelen Längsseiten des Ovals kennen wir schon: Finsternis bzw. Licht bei Betrachtung durch trübe Medien. Goethe hat die beiden Längsseiten so angeordnet, dass die gesteigerten, besonders satten Farbphänomene (Violett bzw. Rubinrot) oben stehen und deren abgeblasste Vorläufer (Hellblau bzw. Blassgelb) unten. Dies entspricht Goethes farbigen Vorlieben - je höher, desto schöner.

Jetzt bringt Goethe die beiden getrennten

Phänomene zusammen, indem er die Endpunkte der beiden bunten Reihen zusammenbiegt und überlagert. Oben mischt er sattes Violett und sattes Rubinrot, was diese beiden Farben weiter steigert und auf den Thron führt - zum Purpur. Dasselbe unten, dort er mischt er aus blasserem Gelb und Hellblau eine andere Farbe, die laut Goethe nur als Mischung existiert und laut Newton ungemischt vorkommen kann: Grün. Wenn man die eben beschriebenen Bewegungen der Steigerung und Mischung in einem Atemzug vollzieht, also die Lücken in dem Oval schliesst, so entsteht ein in die Länge gezerrter Farbkreis, der letztlich dieselbe Ordnung repräsentiert wie Goethes offizieller Farbkreis aus Abb. 7.

Die newtonischen Farbenpaare Gelb und Rot bzw. Blau und Türkis kommen in beiden Spektren vor, allerdings an anderer Stelle. Aber Newtons Grün kommt in dem neuen Spektrum überhaupt nicht vor, stattdessen gibt es eine neue Farbe, die bei Newton fehlt und laut Newton als unvermischte Farbe gar nicht existieren dürfte - Purpur. Das war ausgerechnet Goethes Lieblingsfarbe.



Abb. 11. Purpur - Goethes Lieblingsfarbe. In Newtons Spektrum kommt diese Farbe nicht vor, sie wird nach heutiger Orthodoxie erst vom menschlichen Geist geschaffen. Für unser Auge liegt sie zwischen den beiden Endpunkten des newtonischen Spektrums (rot und blau). In Goethes Spektrum liegt diese Farbe in der Mitte.

Goethe kann ein Gefühl des Triumphes kaum verhehlen, wenn er seine Entdeckung kommentiert: "Diese Phänomene gingen mir also völlig parallel. Was bei Erklärung des einen recht war, schien bei dem andern billig; und ich machte daher die Folgerung, daß wenn die [newtonische - O.M.] Schule behaupten könne, das weiße Bild auf schwarzem Grunde werde durch die Brechung in Farben aufgelöst, getrennt, zerstreut, sie eben so gut sagen könne und müsse, daß das schwarze Bild durch Brechung gleichfalls aufgelöst, gespalten, zerstreut werde."

(J.W. Goethe, *Die Schriften zur Naturwissenschaft*, Leopoldina-Ausgabe, Abteilung I, Band 7, S. 86)

GLEICHBERECHTIGTE THEORIEN

Jetzt haben wir also zwei Theorien über die Farben. Laut Newton sind alle spektralen Farben im weissen Sonnenlicht enthalten, laut Goethe kann man das glatte Gegenteil behaupten und sagen, dass alle Farben des Komplementärspektrums in der Dunkelheit enthalten sind. Und um die Probe aufs Exempel zu machen, können wir (genau wie Newton) die Farben des komplementären Spektrums vor weisser Umgebung zusammenführen und bekommen einen schwarzen Fleck; das ist die Schwarzsynthese. Schwärze und Finsternis bestehen dieser Sicht zufolge aus Strahlen verschiedener Farben.

Goethe verfißt die Theorie nicht, er legt sie nur zum Zwecke des Arguments auf den Tisch - um Newtons Theorie die Alleinherrschaft abspenstig zu machen und ihr eine gleichberechtigte Alternative entgegenzustellen; Goethe findet beide Alternativen nicht etwa gleich gut, sondern gleich schlecht. In seiner eigener Theorie entstehen die Farben nicht aus weissem Licht allein und nicht aus Finsternis allein, sondern wenn Licht und Finsternis in trüben optischen Medien zusammenspielen. (Wie er das gemeint hat, ist aus heutiger Sicht schwer zu verstehen, siehe aber GOETHES FARBKREIS IM LICHT SEINER EIGENEN FARBENLEHRE).

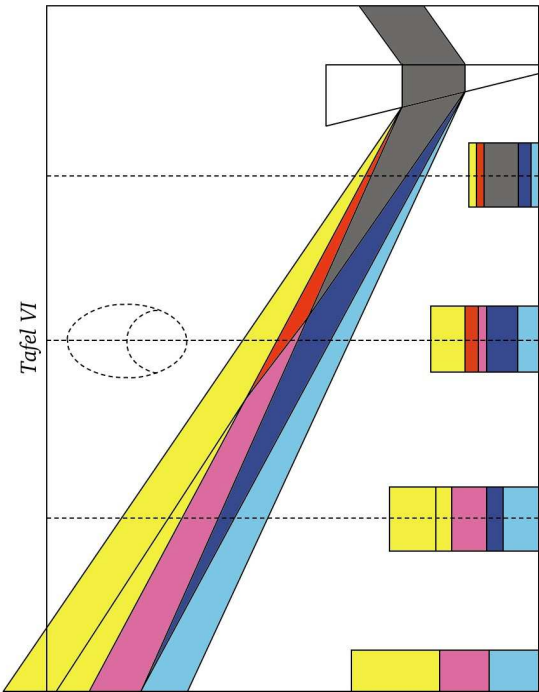
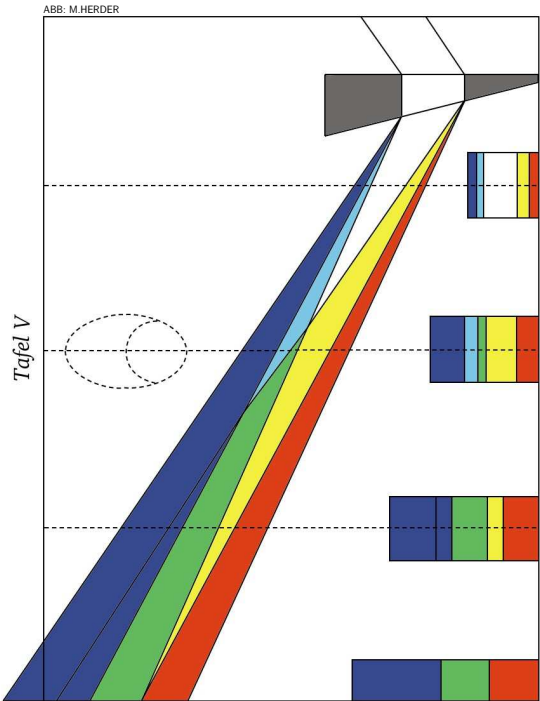


Abb. 12 (l.) und 13 (r.). Newtons Grundexperiment (Tafel V) und Goethes Komplement dieses Experiments (Tafel VI). - Die Tafeln zeigen die Farbentwicklung nach prismatischer Brechung in Abhängigkeit vom Abstand zwischen Prisma und Schirm. Sie gehen auf Goethes fünfte und sechste Tafel zurück. Da die Farben der Goethe-Tafeln ausgebleicht sind, hat Matthias Herder die Tafeln neu gezeichnet. Für uns interessant ist die Position des Auffangschirms in der Mitte der jeweiligen Tafel, dort, wo Goethe jeweils ein gestricheltes Oval angedeutet hat. Dort liegt die Stelle, an der Newton sein Spektrum aufgefangen hat, und dort zeigen sich die beiden Farbspektren mit besonders vielen Farbnuancen.

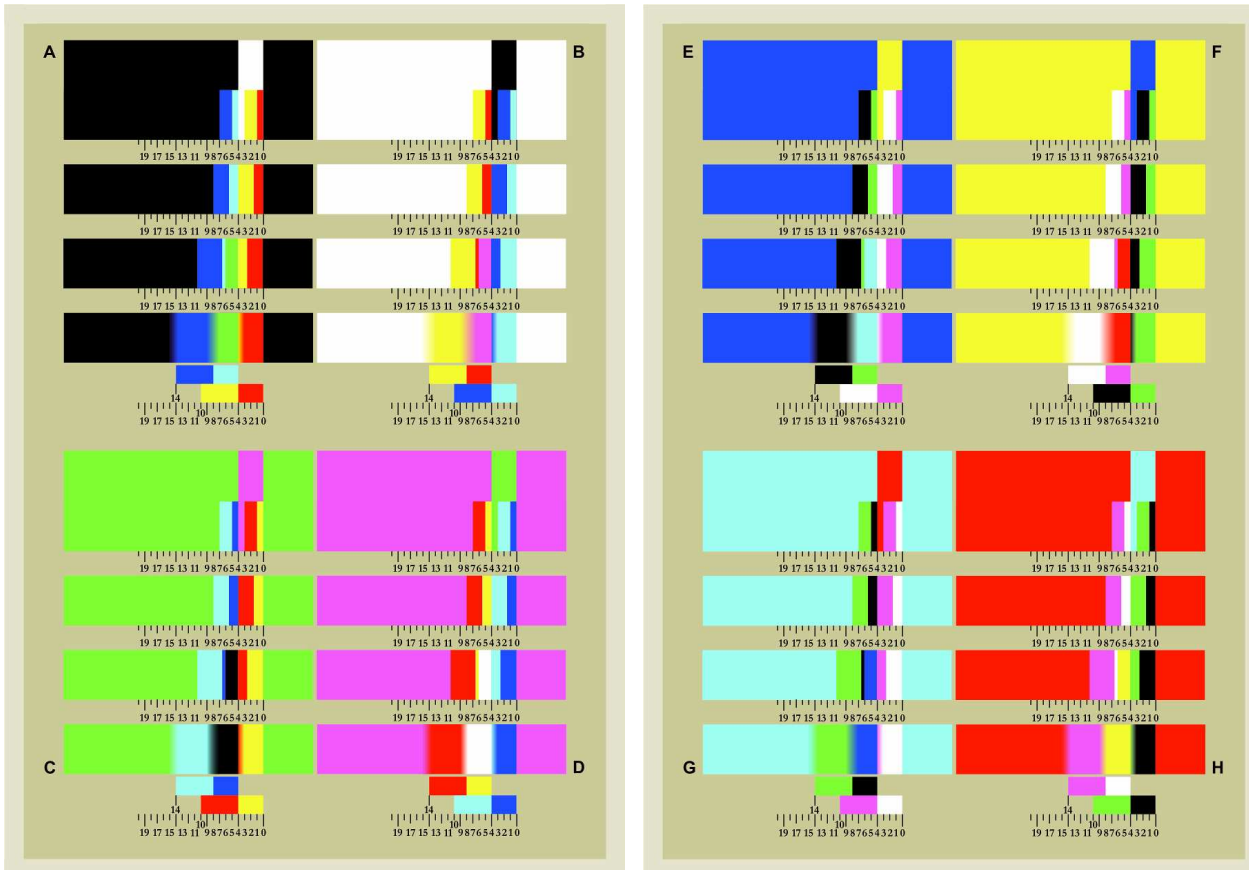


Abb.14. Farbentwicklung in Newtons Grundexperiment (Tafel A) und Goethes Gegenexperiment (Tafel B). Farbentwicklungen in den sechs neuen Experimenten von Ingo Nussbaumer (Tafeln C bis H). In jeder Tafel wird zunächst oben das Ausgangsbild gezeigt, z.B. in Tafel A ein weisser Fleck vor schwarzem Hintergrund und in Tafel C ein Purpurfleck vor grünem Hintergrund. In den Zeilen unter diesem Ausgangsbild sieht man die verschiedenen Spektren, die sich ergeben, wenn man das Ausgangsbild durchs Prisma anschaut oder photographiert. Oben finden Sie das klassische Kantenspektrum, das sich bei geringem Abstand zwischen Ausgangsbild und Prisma zeigt. In den Zeilen darunter sehen Sie die Entwicklungsstufen der jeweiligen Spektren bei steigendem Abstand. So finden Sie in der dritten Zeile das Spektrum, das sich ergibt, wenn man den Abstand so wählt wie Newton in seiner Dunkelkammer.

Wenn es zur Erklärung der prismatischen Experimente schon zwei gleichberechtigte Theorien gibt - gibt es dann noch mehr solche Theorien?

Um das zu überprüfen, hat der Wiener Maler und Farbexperimentator Ingo Nussbaumer vor kurzem eine Reihe neuer Experimente durchgeführt, mit deren Hilfe sich Goethes Gedanken radikal weiterführen lassen. Goethe hatte die Rollen von weissem Licht und schwarzer Dunkelheit miteinander vertauscht, wie wir gesehen haben; das war der erste Schritt der Vermannigfachung der Erfahrungen. Nussbaumer treibt es noch bunter. Ihn interessierte die Frage: Was passiert, wenn man an die Stelle des weissen Lichts gelbes Licht stellt und anstelle der Schwärze blaues Licht, das Farbkomplement von Gelb? Und was passiert, wenn man dann die Rollen der beiden Farben wiederum miteinander vertauscht? Und was im Fall anderer Paare von Komplementärfarben?

SECHS NEUE SPEKTREN

Die Ergebnisse dieser Versuchsreihen können einem den Atem verschlagen. In jedem dieser neuen Experimente bilden sich Spektren, jedesmal andere - nur dass sich bei diesen neuartigen Spektren stets mindestens eine von zwei neuen "Farben" einschleicht: Weiss oder Schwarz.

So liefert ein gelber Lichtstrahl vor blauem Hintergrund ein Spektrum



aus Schwarz, Grün, Türkis, Weiss, Purpur.

Und ein blauer Lichtstrahl vor gelbem Hintergrund liefert ein Spektrum



aus Weiss, Purpur, Rot, Schwarz, Grün.

Genauso bei anderen Paaren von Komplementärfarben. Noch vier weitere Farbspektren hat Ingo Nussbaumer entdeckt:



Fortsetzung auf S. 11

Abb. 15.
Goethes grosses
Wasserprisma



GOETHE'S WASSERPRISMA

In Abbildung 15 sehen Sie ein hohles Prisma von 34 cm Höhe, das sich Goethe für seine Experimente hat anfertigen lassen. Solche Prismen werden zum Experimentieren mit Wasser gefüllt und erleichtern die Experimente enorm; die Beobachtungen werden deutlicher als mit kleinen Glasprismen. Bei subjektiven Experimenten kann man mit beiden Augen durchs Wasserprisma hindurchsehen, also viel entspannter und präziser gucken (statt wie beim kleinen Glasprisma mit einem stets zugekniffenem Auge). Und bei objektiven Experimenten kann man mit grösseren optischen Konstellationen hantieren. Warum liessen sich seinerzeit keine entsprechend grossen Glasprismen bauen? Weil sie zur schwer geworden wären, zu trüb und zu teuer. Auch Newton benutzte Wasserprismen.

TAFELN GOETHE'S ALS TEIL DES EXPERIMENTELLEN APPARATES

Viele der Experimente Goethes laufen darauf hinaus, bestimmte Tafeln durchs Prisma anzuschauen. Goethe hat lange an diesen Tafeln gefeilt, bis sie seinem Ordnungssinn genügten. (Siehe z.B. Abb. 16 links und mitte). Mit ihrer Hilfe beobachtet man optische Situationen in einer wohlgeordneten, systematischen Reihenfolge. Goethe liess die Tafeln aufwendig drucken, um seinen Lesern Material für eigenen Experimente an die Hand zu geben. Wie er sich das dachte, zeigt ein Vergleich zwischen Abb. 16 links (einer Tafel aus Goethes *Farbenlehre*) und Abb. 16 rechts (derselben - inzwischen vergilbten - Tafel als Teil der experimentellen Apparatur Goethes). Ursprünglich plante Goethe, jedem Käufer seiner *Farbenlehre* zusammen mit dem Werk ein Prisma liefern zu lassen,

aber dagegen meuterte der geplagte Verleger. Umso drängender flehte Goethe seine Leser an, die fraglichen Experimente aus eigener Anschauung kennenzulernen. Versuchen Sie es selber. Bauen Sie Ihr Fernglas oder Mikroskop, das Sie sowieso lange nicht mehr benutzt haben, auseinander, und entnehmen Sie eines der Prismen. Blicken Sie durchs Prisma auf die rechte rotblaue Fahne vor schwarzem Hintergrund in Abb. 16 mitte. Wenn Sie das Prisma so halten, dass die Farbfelder vertikal verschoben werden, dann sehen Sie genau das, was Newtons Theorie prognostiziert: das blaue Fahnenfeld wird weit stärker verschoben als das rote. Fein; jetzt betrachten Sie die linke rotblaue Fahne vor weissem Hintergrund. Überraschung: plötzlich drehen sich die Verhältnisse um! (Hausausgabe für fleissige Leser: Wie würde Newton dieses Phänomen erklären?)

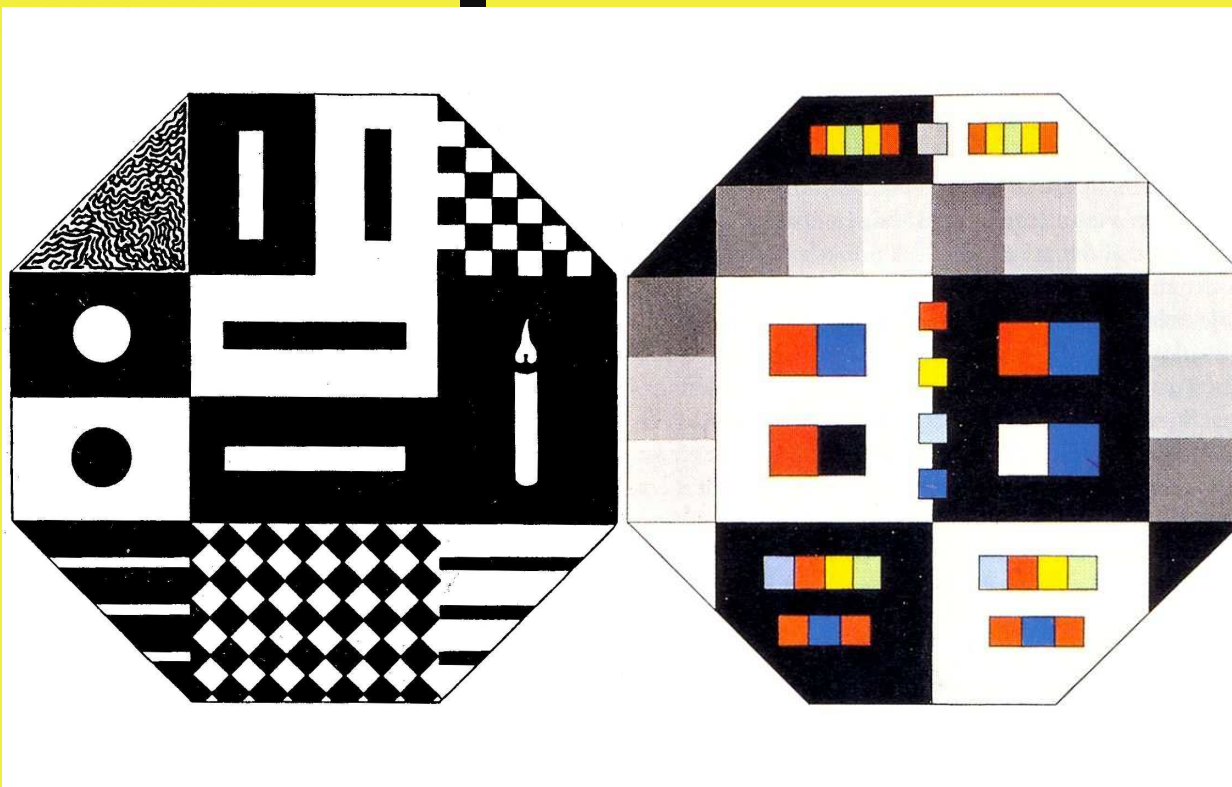


Abb. 16. Von links:
Goethes Tafel IIa.;
Goethes Dritte Tafel;
Goethes Tafel IIa als
Teil eines Experiments



J.W. Goethe: *Die Schriften zur Naturwissenschaft*, Leopoldina-Ausgabe, H1, Bd. 4-7, (Weimar 1947 ff.)

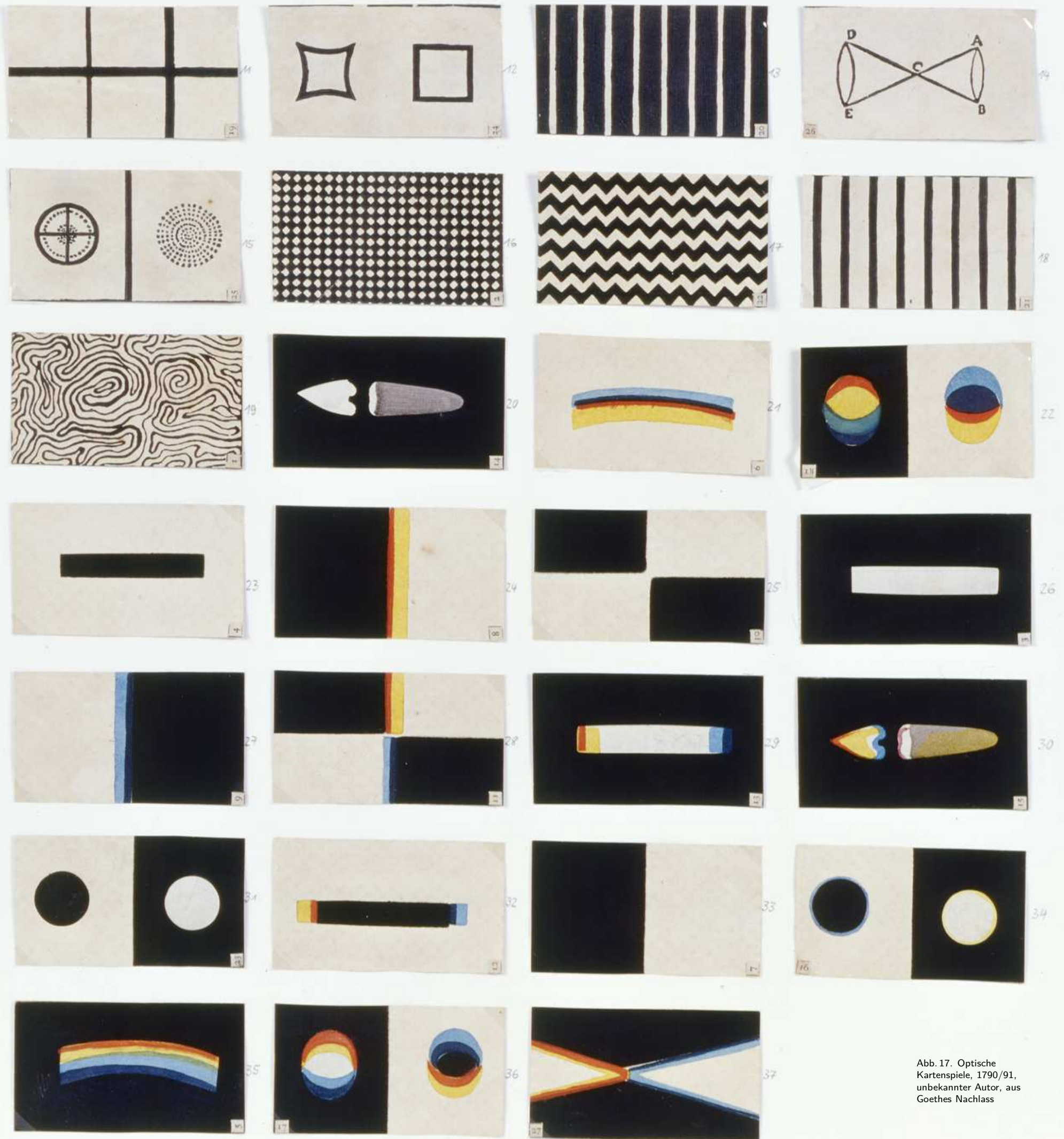


Abb. 17. Optische
Kartenspiele, 1790/91,
unbekannter Autor, aus
Goethes Nachlass

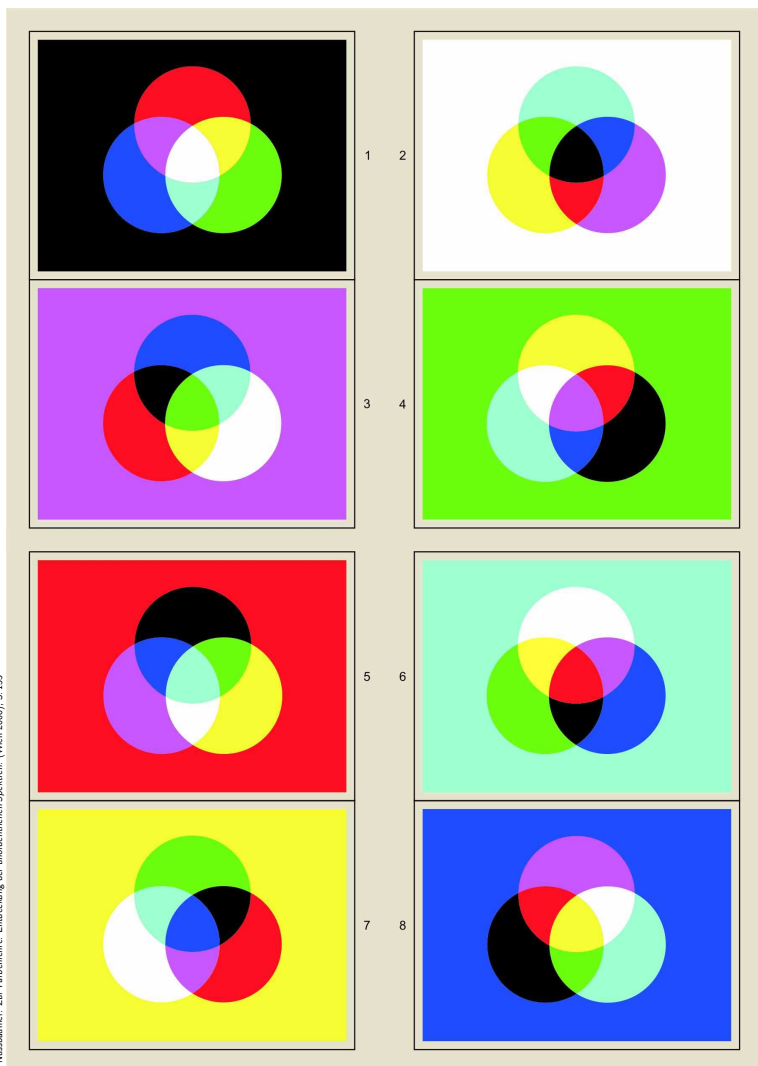


Abb. 18. Zwei bekannte und sechs neue Mischungsregeln. Bei der additiven Farbmischung werden Lichtstrahlen verschiedener Farbe überlagert (addiert); so kann man aus Lichtstrahlen der Farben Rot, Grün und Blau alle anderen Farben mischen (Tafel 1). Rot und Grün addieren sich zu Gelb; Grün und Blau addieren sich zu Türkis; Rot und Blau addieren sich zu Purpur; und Weiss ergibt sich als Summe aus Rot, Grün und Blau. Auf diesen Additionsregeln beruhen unsere Farbmonitore.

Die subtraktive Farbmischung kennen wir aus der Malerei. Hier werden Farbpigmente gemischt, die sich sozusagen gegenseitig Licht wegnehmen.

NEUE REGELN DER FARBMISCHUNG

Alle diese Resultate sind nicht nur von theoretischem Interesse. Sie sind geeignet, unser Verständnis des Farbenmischens zu revolutionieren. Bislang kennen wir zwei Schemata des Farbenmischens, additive und subtraktive Farbmischung, eines beruht auf Newtons Spektrum, das andere auf Goethes Spektrum (siehe Abbildung 18, Tafeln 1 und 2).

Was passiert, wenn man beim Mischen Farben der sechs anderen Spektren benutzt? Ingo Nussbaumer hat das ausprobiert. Er hat aus seinen sechs unordentlichen Spektren Farbstrahlen herausgelöst und vor geeigneter Umgebungsfarbe gemischt.

Details finden sich in den Tafeln 3 bis 6 in Abbildung 18, und wer sich in diese Tafeln vertieft, der wird staunen: In der Welt unserer Farben herrscht eine komplexe, hochsymmetrische Ordnung von reizvoller Schönheit. Mit welchen Mitteln unser Wahrnehmungsapparat und unser Gehirn diese wunderbaren Strukturen stiften, wissen wir noch nicht; das ist ein Thema

Daher ist das Mischungsergebnis bei der subtraktiven Farbmischung dunkler als die gemischten Farben (Tafel 2). Türkis und Gelb mischt sich subtraktiv zu Grün; und Türkis, Gelb und Purpur mischen sich subtraktiv zu Schwarz. Diese Mischungsregeln sind das genaue Komplement der additiven Mischungsregeln, deren Farbnegativ. Goethes Entdeckung läuft darauf hinaus, dass sich diese Muster der subtraktiven Farbmischung nicht nur mit gemischten Farbpigmenten, sondern auch mit leuchtenden Strahlen aus dem Goethespektrum erzeugen lassen. - Bei Mischung mit leuchtenden Strahlen aus Ingo Nussbaumers unordentlichen Spektren ergeben sich sechs weitere Mischungsregeln (Tafeln 3 bis 8).

für den Sinnesphysiologen. Für ihre Entdeckung waren hingegen keine komplizierten Messapparate erforderlich, da genügte das "feinste Messinstrument", das wir Menschen laut Goethe haben: unser Auge.

Ein Glücksfall, dass jemand Goethes Methoden der Naturforschung ernstgenommen und weitergeführt hat - ein Glücksfall und eine kleine Sensation.

Alle diese neu entdeckten Spektren bezeichnet Ingo Nussbaumer als unordentliche Spektren, und das, obwohl diese Spektren eine faszinierende Ordnung aufweisen. (Siehe Abb. 14, Tafel C-H).

Wer Newtons ursprünglichem Beweis zu folgen bereit war, der könnte jetzt also mit derselben Logik behaupten, dass z. B. gelbes oder blaues Licht alle anderen Farben enthält. Und die Probe aufs Exempel funktioniert bei beiden Behauptungen genauso wie vorhin bei Newtons Theorie und Goethes Gegentheorie (Gelb- bzw. Blausynthese).

LITERATUR:

- J.W. Goethe: *Die Schriften zur Naturwissenschaft*, Leopoldina-Ausgabe, H I, Bd. 4-7, (Weimar 1947 ff).
- O. Müller: "Goethes philosophisches Unbehagen beim Blick durchs Prisma". In S. Glasauer / J. Steinbrenner (Hrg.): *Farben*. (Frankfurt a.M. 2007), S. 64-101.
- I. Newton: "A new theory about light and colors". In *Philosophical Transactions* 80 (February 19, 1671/2), S. 3075-3087.
- I. Newton: *Optics: or, A treatise of the reflections, refractions, inflections and colours of light*. (1704). In *Opera quae extant omnia* (Stuttgart 1964), Bd. IV, S. 1-264.
- I. Nussbaumer: *Zur Farbenlehre. Entdeckung der unordentlichen Spektren*. (Wien 2008).

PIQUE, HERZ, KARO, TREFF - UND EIN PAAR NEWTONISCHE MÜCKEN

In Abb. 18 bringen wir eine Vorform von Goethes zwölfte Tafel. Hier polemisiert Goethe gegen den vierzehnten Versuch aus dem ersten Teil des ersten Buchs von Newtons *Opticks*, in dem Newton "Fliegen und ähnliche kleine Gegenstände" durchs Prisma anschaut, einmal im heterogenen Sonnenlicht und einmal im homogenen Licht. Newton beobachtet, dass selbst die allerfeinsten Dinge im homogenen Licht immer noch scharf durchs Prisma gesehen werden können - während sie im heterogenen Licht der Sonne verschwommene Ränder bilden, wegen der diversen Refrangibilität dieses Sonnenlichtgemischs, das auf sie trifft und zum grössten Teil von ihnen zurückgeworfen wird. Goethe baut den Versuch nach, indem er Mücken-

bilder auf sechs einfarbige Felder setzt. Betrachten wir sie durchs Prisma, so zeigen sich doch verschwommene Ränder und Säume!, so triumphiert Goethe. Aber hier schummelt der Dichter. Immerhin erklärt Newton im fraglichen Experiment ausdrücklich, dass das homogene Licht für dies Experiment auf ausgeklügelte Weise hergestellt werden muss, man braucht Blenden, Spiegel, Linsen, Prismen usw. (s. Abb. 19). Wer da wie Goethe nur eine Pappe mit sechs verschiedenen Farben anmalt, treibt nicht genug Aufwand. Goethe, der sich der newtonischen Anweisungen bewusst ist, pokert an dieser Stelle zu hoch.

Pique, Herz, Karo, Treff - diese Bildchen bringt er vermutlich auch noch auf der Abbildung unter, weil er all seine Farbtafeln in

einer Spielkartenfabrik hat drucken lassen: eine ironische Verbeugung vor dem Hersteller.

Bei näherem Hinsehen zeigt sich jedoch mehr als das. Goethes wichtigste Pointe verbirgt sich genau bei den Bildchen für Pique, Herz, Karo, Treff. Immerhin hat er sie anders färben lassen als für Spielkarten üblich, und diese ungewöhnlichen Farben verdienen unsere Aufmerksamkeit. Sie erzeugen (vor ihrem jeweiligen bunten Hintergrund) eine Reihe neuer Farbkonstellationen, die sich beim Blick durchs Prisma in unterschiedlichste Spektren auflösen, in *unordentliche* Spektren! Das blaue Herz im gelben Farbfeld links oben bietet beispielsweise vom Typ dieselbe Konstellation, mit deren Hilfe Ingo Nussbaumer das zweite unordentliche Spektrum erzeugt hat, das im Haupttext erwähnt und gezeigt wird (vergl. Tafel F in Abb. 14). Ähnlich beim grünen Treff-Zeichen vor purpurnem Grund (vergl. Tafel D in Abb. 14).

Ob schon Goethe mit seinen Beobachtungen bis zu Nussbaumers unordentlichen Spektren vorgedrungen ist, weiss kein Mensch, denn er hat keine solchen Beobachtungen explizit beschrieben. Aber wie unsere Abb. 18 zeigt, hatte er zumindest die Vorlagen für die Beobachtung solcher Spektren - wobei sich Goethe mit bunten Pique-, Herz-, Karo- & Treff-Bildchen verspielter gibt als Ingo Nussbaumer, der einfach nur bunte Rechtecke vor komplementärem Hintergrund einsetzt.

KLASSIK-STIFTUNG WEIMAR/HERZOGIN ANNA AMALIA BIBLIOTHEK

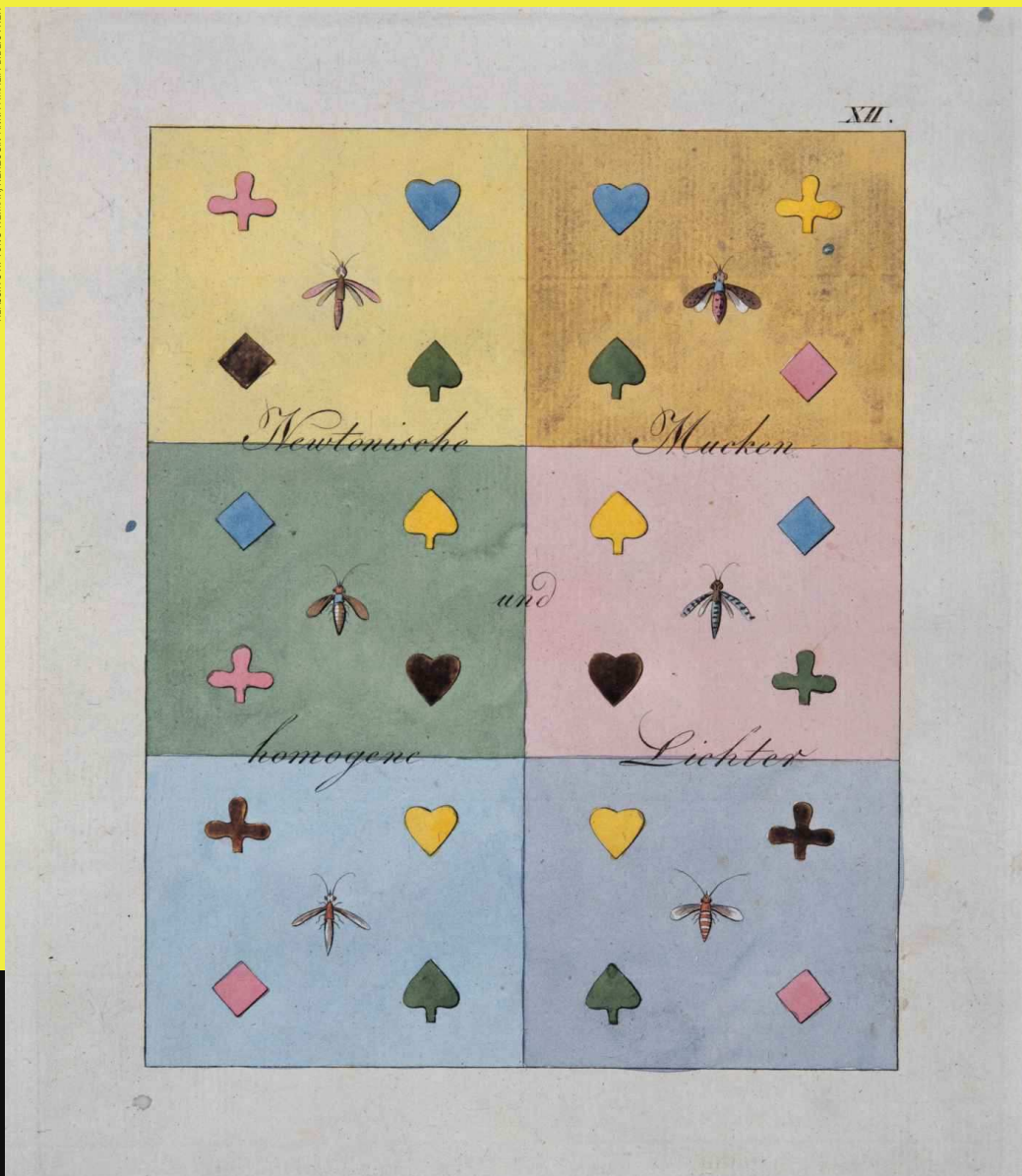


Abb. 18. Newtonische Mücken und homogene Lichter. Vorfassung von Goethes Tafel XII, musterhaft kolorierter Abzug. Radierung von Johann Christian Ernst Müller (1766-1824), mit Aquarellen koloriert von Karl Friedrich Christian Steiner (1774-1840).

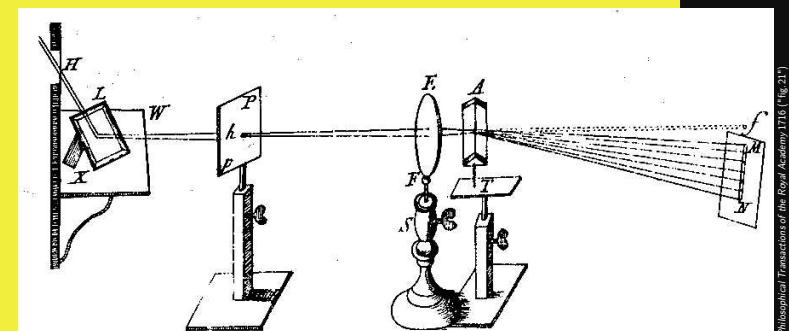


Abb. 19. Newton präpariert einen homogenen Lichtstrahl: Durchs Fensterladenloch H wird ein heterogener Sonnenstrahl auf dem Spiegel L reflektiert, um durch eine Lochblende h auf eine Linse EF geworfen zu werden, die den Strahl im Prisma A bündelt und dort sozusagen zur Refraktion in homogene Bestandteile vorbereitet. Eine komplizierte Angelegenheit!

Philosophical Transactions of the Royal Academy 1716 (Fig. 21)