

Aus: Ingo Nussbaumer: *Rücknahme und Eingriff: Malerei der Anordnungen*.  
(Nürnberg: Verlag für moderne Kunst, 2010), pp. 150-169.

## Farbspektrale Kontrapunkte

### Fallstudie zur ästhetischen Urteilskraft

### in den experimentellen Wissenschaften <sup>Olaf L. Müller</sup>

#### I **Darf man von Schönheit reden?**

Wer sich anheischig macht, einen universellen Kriterienkatalog für Schönheit aufzustellen, ist ein Narr. Oder ein Scharlatan. Aus guten Gründen scheuen Künstler und abgeklärte Kommentatoren der Kunst seit ungefähr hundert Jahren davor zurück, das Wort „schön“ einzusetzen, um den ästhetischen Wert eines Kunstwerks herauszustreichen; das Wort erinnert in ihren Augen zu sehr an Geschmacksempfindungen.<sup>2</sup> Trotzdem kommen im Gespräch über Kunst ästhetische Werturteile vor. Sie verweisen entweder auf ganz konkrete, spezielle Vorzüge des gelobten Kunstwerks (etwa auf den beeindruckenden Schwung der Linienführung); oder aber sie bedienen sich eines abstrakten, allgemeineren Lobwortes wie z. B. „ästhetisch“. (Selbst dieses Wort kann im Diskurs über Kunst abwertend gebraucht werden). Es ist gleichgültig, welche Formen ein ästhetisches Werturteil annimmt, eines steht fest: Obschon sich solche Urteile auf keinen universellen Kriterienkatalog berufen können, bieten sie mehr als Wischiwaschi. Hinter ihnen steckt mehr als die Zufälligkeit der augenblicklichen Stimmung und des individuellen Geschmacks; zumindest kann mehr dahinterstecken. Es gibt immerhin sowas wie ästhetische Urteilskraft. Sie lässt sich schulen. Und Schulung beruht nie nur auf Wischiwaschi.

Nun reden wir nicht nur angesichts von Kunst über das, was uns ästhetisch anspricht. Auch angesichts einer blühenden Magnolie oder einer scharfkantigen Wüstenlandschaft oder eines geliebten Gesichts oder Körpers kommen uns zum Teil sehr schwärmerische ästhetische Urteile in den Sinn. Die Wörter „schön“ und „Schönheit“ klingen dann doch wieder angemessen, und das abgeklärtere Fremdwort „ästhetisch“ wirkt mit einem Male etepetete, ja: überkandidelt.<sup>3</sup>

Im tagtäglichen Angesicht von Naturdingen kontrollieren wir unser ästhetisches Vokabular demzufolge weniger strikt als beim Gespräch über Kunst. Doch nicht nur bei der *emotionalen* Naturbetrachtung spielen Wörter wie „schön“ eine große Rolle. Sie tun dies auch beim *wissenschaftlichen* Umgang mit der Natur – also ausgerechnet aus dem Munde von Personen, die kaum im Verdacht der Schwärmerei stehen. Physiker reden z. B. von der mathematischen Schönheit ihrer Theorien. Überraschenderweise ist dieser Trend bei Physikern ungefähr so alt wie sein gegenläufiger (abgeklärter) Trend bei Künstlern und Kunstkennern.<sup>4</sup>

Ich werde mich in meinem wissenschaftsphilosophischen Beitrag auf die Rede-weise der Physiker einlassen, denn ich möchte die Rolle der ästhetischen Urteilskraft in der Naturwissenschaft untersuchen. Künstler und Kunstkenner, denen diese Redeweise suspekt vorkommt, werden um Geduld und Gelassenheit gebeten.<sup>5</sup>

Eines meiner Ziele besteht darin, den Dialog zwischen beiden Seiten ein Stück vorwärtszubringen. Welche Wörter man bei einer solchen Grenzüberschreitung benutzt, ist weniger wichtig als die Sache selbst. Beiden Seiten – Künstlern und Naturwissenschaftlern – kommt es auf ästhetische Werturteile an. Es wäre doch gelacht, wenn diese Gemeinsamkeit keinen guten Ausgangspunkt böte!

<sup>1</sup> Heisenberg [BSiE]:288.  
<sup>2</sup> Dazu nur ein Beleg. Mit Blick auf die moderne Kunst sagte Barnett Newman: „Die Erfindung der Schönheit durch die Griechen, das heisst das Postulat des Schönen als Ideal, war schon immer das Schreckgespenst der europäischen Kunst und ihrer ästhetischen Philosophien. Die natürliche Sehnsucht des Menschen, in den Künsten sein Verhältnis zum Absoluten auszudrücken, wurde mit dem Absolutismus vollkommener Schöpfungen identifiziert und verwechselt – mit dem Fetisch Qualität –, so dass sich der europäische Künstler seither fortwährend im moralischen Widerstreit zwischen der Idee der Schönheit und der Sehnsucht nach dem Erhabenen aufreibt [...]. Ich glaube, dass einige von uns hier in Amerika, befreit vom Ballast der europäischen Kultur, die Antwort finden, indem unsere Kunst das Problem des Schönen konsequent ausklammert, wo auch immer es anzutreffen ist“ (Newman [SiN]:179; mein Kursivdruck). Selbst wer nicht so rabiat mit dem alten Europa umspringen will, wird zugeben müssen, dass das Wort „schön“ im ästhetischen Austausch über Kunstwerke keine große Rolle spielt, siehe Wittgenstein [VüA], Teil I §8.

<sup>3</sup> Bei Wüstenlandschaften scheint das Wort besser zu passen als etwa bei Gesichtern oder Menschen oder deren Tun. Darauf hat sich Heine einen ironischen und genialen Reim gemacht: „Sie saßen und tranken am Teetisch/ Und sprachen von Liebe viel./ Die Herren, die waren ästhetisch,/ Die Damen von zartem Gefühl“ (Heine [BL]:125). In der letzten Strophe des Gedichts wendet sich das lyrische Ich an die Geliebte und nennt deren Rede über die Liebe zwar nicht „schön“, wohl aber „hübsch“.  
<sup>4</sup> Jedenfalls kulminierte dieser Trend bei den prominentesten Vertretern der modernen Physik des 20. Jahrhunderts wie z. B. Heisenberg, Dirac, Weinberg. Siehe Heisenberg [TG]:86; Dirac [ToT]:21/2; Weinberg [TvEU]:140.  
<sup>5</sup> Durch diese Divergenzen im Sprachgebrauch sind Missverständnisse vorprogrammiert. (Das zeigt die Anekdote von der Entrüstung eines Museumsdirektors gegenüber Weinbergs schönheitsbeflüssener Rede über Physik, siehe Weinberg [TvEU]:140).

## II Von der Theorienschönheit zur experimentellen Schönheit

Zunächst ein Satz zur Beschwichtigung derer, die ästhetische Werte nicht gern auf angenehme Erlebnisse reduziert sehen wollen. Auch in der Naturwissenschaft dient Schönheit nicht einfach nur der guten Laune des Physikers oder dem Entzücken der Chemikerin.

Vielmehr ist es in der Wissenschaftsgeschichte immer wieder vorgekommen, dass sich eine naturwissenschaftliche Theorie durchgesetzt hat, weil sie so schön war. Führende Physiker des 20. Jahrhunderts haben sich dazu bekannt, ohne rot zu werden: Wenn einem wissenschaftlichen Gedanken Schönheit zukommt, steigt seine Glaubwürdigkeit. Zumindest wird er durch seine Schönheit *ceteris paribus* glaubwürdiger (d. h. wenn alles andere gleichbleibt). Umgekehrt ist manch ein wissenschaftlicher Gedanke zu hässlich, um wahr zu sein, und muss sterben.

Worin besteht, worauf beruht und wie funktioniert naturwissenschaftliche Schönheit? Wollte ich diese wissenschaftsphilosophischen Fragen mithilfe eines universellen Kriterienkatalogs beantworten, so würden Sie mich der Narretei oder Scharlatanerie zeihen. Ich will also vorsichtig sein und schlage vor, dass wir uns an die Antwort herantasten, indem wir ein Beispiel betrachten.

Naturwissenschaft entsteht im Wechselspiel von Experiment und Theoriebildung. Obwohl beiden Spielzügen Schönheit zukommen kann, werde ich mich auf experimentelle Schönheit konzentrieren. Mein Grund dafür: Experimente sind – im Gegensatz zu Theorien – erfreulich konkrete Produkte wissenschaftlicher Arbeit und lassen sich daher leichter vors Tribunal unseres Schönheitssinns bringen. Umso erstaunlicher finde ich es, dass in der Literatur weit häufiger von Theorienschönheit die Rede ist als von Schönheit des Experiments. Mit meinem Gedankengang möchte ich diesem erstaunlichen Trend entgegentreten.

## III Ingo Nussbaumers Arbeit in der Farbwissenschaft:

### Klassische Experimente in neuer Gestalt

Während der letzten Jahrhunderte haben sich unsere technischen Hilfsmittel zum Experimentieren in schwindelerregendem Maße verbessert. Wer heutzutage an der physikalischen Forschungsfront experimentiert, setzt Apparate ein, die nur wenige Spezialisten durchschauen und in denen viel Theorie steckt. Die Schönheit der *heutigen* Experimente kann also auch nur von jenen wenigen Spezialisten gewürdigt werden, die sich mit den fraglichen Apparaten und der dahinterstehenden Theorie auskennen; in deren ästhetischen Urteilen verbinden sich auf hochkomplexem Niveau Gesichtspunkte der theoretischen mit denen der experimentellen Schönheit. Für Nichtspezialisten sind diese Gefilde gesperrt; Eintrittskarten bekommt man nur nach jahrelangem naturwissenschaftlichem Studium. Am Anfang eines solchen Studiums stehen jedoch u. a. die großen Beispiele *vergänger* Experimentierkunst. Sie werden dem staunenden Studenten meist mit modernen Mitteln präsentiert (also ohne jeden Anspruch auf historische Akkuratess); an ihnen formen sich seine ersten Urteile über naturwissenschaftliche Schönheit. Und da ihr Verständnis weit weniger Theorie voraussetzt als irgendein topaktuelles Experiment, eignen sie sich gut dazu, den Novizen einer Naturwissenschaft in die Anfangsgründe jener ästhetischen Urteilskraft einzuweisen, die er für seine spätere Arbeit braucht.

Daher werde ich mit drei klassischen Experimenten anfangen. Es handelt sich erstens um das berühmte Experiment zur Weißanalyse, das auf einen Altmeister der optischen Experimentierkunst zurückgeht; Isaac Newton hat es erdacht und der überraschten Öffentlichkeit im Jahre 1672 präsentiert. Zweitens werde ich Ihnen Newtons gleichzeitig veröffentlichtes Experiment zur Weißsynthese vorführen und drittens die weit schönere Weißsynthese seines Schülers und Verbündeten Desaguliers aus dem Jahr 1714.

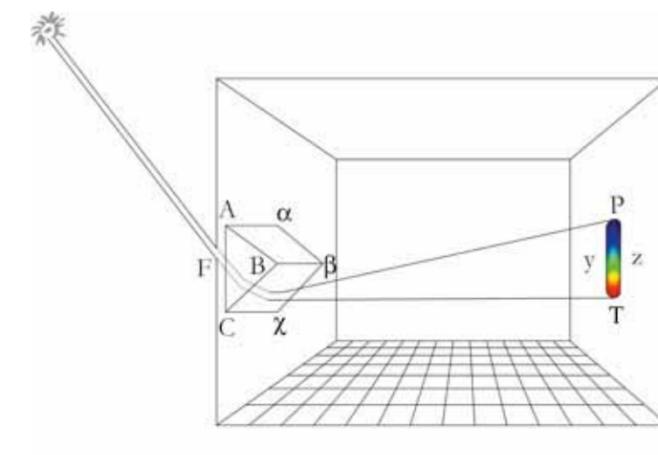
Später werden wir zwar zu Experimenten übergehen, die keine Vorläufer aus alten Tagen haben. Aber da diese neuen Experimente allesamt Variationen der newtonischen Experimente bieten und da ihre Mittel ebenfalls nicht dem Reich der Hochtechnologie entspringen, eignen auch sie sich für die Zwecke meiner ästhetischen Fallstudie. Alle neuen Experimente, die ich behandeln werde, stammen aus der Farbforschung des

Wiener Künstlers Ingo Nussbaumer; auch Newtons Weißanalyse und Desaguliers' Weißsynthese werde ich Ihnen in der veränderten Fassung präsentieren, die Ingo Nussbaumer (z. T. mit ästhetischen, ja: künstlerischen Absichten) konzipiert hat. Er führt die Experimente mit Hilfsmitteln durch, die zu Newtons Tagen fehlten; so benutzt Nussbaumer anstelle der Sonne aus den Experimenten der Newtonzeit eine künstliche Lichtquelle: einen Diaprojektor. Die anderen Elemente der Experimente könnten dagegen *fast* der Newtonzeit entspringen; *fast* – denn dass sich Materialqualitäten (wie z. B. die Reinheit von Glas) seit Newtons Tagen drastisch verbessert haben, ist eine Frucht des Fortschritts, die jedermann gerne ernten wird.

Trotz dankbarem Einsatz heutiger Experimentiermittel führt uns Nussbaumer die Experimente in anderem Stil vor, als es heutige Physiker täten. Wo immer möglich, schiebt er die moderne Technik in den Hintergrund. Zum Beispiel errichtet er die hochkomplexen Linsensysteme (aus dem Innern seiner Diaprojektoren) weder auf einer optischen Bank – noch demonstriert er sie gesondert. Im Gegenteil: Gerade weil er sich aufs sichtbare Phänomen konzentrieren will, behandelt er die Diaprojektoren ohne theoretische Hintergedanken. (Newton hat sich ebensowenig um die Physik der Sonne scheren müssen). In dieser Hinsicht zielt Nussbaumer auf größtmögliche Einfachheit. Aber eben nur in dieser Hinsicht; denn er führt uns (wie wir sehen werden) jeweils auf einen Schlag das komplexe Muster eng verschränkter Phänomene vor, die aus vielen einzelnen Experimenten stammen und doch zusammengehören. Was andere Experimentatoren nacheinander aufbauen (wenn überhaupt), zeigt er im simultanen Zusammenhang. Und das bedeutet einen gewaltigen Schritt nach vorn: eine farbenwissenschaftliche Innovation von hohem Rang, wie wir sehen werden. (Mehr dazu in Abschnitt X). Zudem werden seine Experimente durch Lichtobjekte realisiert, die auf künstlerisch betrachtende Interaktion zielen. Er schenkt uns Installationen in einem Raum, den der Betrachter mit seinen Augen interaktiv durchmisst – ein ästhetisches Abenteuer und Vergnügen zugleich.<sup>6</sup>

Man kann Nussbaumers Experimente unter künstlerischem Blickwinkel betrachten, so wie die Lichtinstallationen eines Olafur Eliasson. Doch anders als Eliasson zielt Ingo Nussbaumer mit seinen Experimenten gleichzeitig auf ästhetische Klarheit *und* auf wissenschaftliche Erkenntnis. Damit schafft er eine Brücke zwischen Kunst und Wissenschaft. Doch sein Hauptziel ist und bleibt die Kunst. Im Lichte dieses Ziels fallen die Experimente für ihn unter einen Begriff der erweiterten Malerei. Nichtsdestoweniger möchte ich – als Wissenschaftsphilosoph – nur die wissenschaftlichen Aspekte seiner Experimente ästhetisch kommentieren. Ich schreibe hier folglich nicht über neue ästhetische Errungenschaften in der bildenden Kunst. Das will ich ändern überlassen. Sehr wohl aber möchte ich etwas zum aktuellen Diskurs zwischen Kunst und Naturwissenschaft beitragen. Und nebenbei werde ich ab und zu in musikalische Gefilde ausschweifen.

<sup>6</sup> Siehe *Hollows in Newton's Garden* [187–188], *See What Happens By Cutting Out* [189] und *Blossoms in Goethe's Apple Tree* [197–199].



**Abb. 1** Newtons Weißanalyse (1672) [Farbgraphik von Ingo Nussbaumer nach einer Schwarz/Weiß-Zeichnung aus Newtons Skizzenbuch; Newtons Originalgraphik ist abgedruckt in Lohne [IN]: 126/7, „Figure 1“]. Ein Sonnenstrahl wird durchs Fensterladenloch F in ein Prisma geschickt, wobei er vom geraden Weg abgelenkt und in seine kunterbunten Bestandteile zerlegt wird.



**Abb. 2** Projektor und Wasserprisma in Nussbauers Dunkelkammer [I.N. 2009]. In Nussbauers Variante des newtonischen Experiments (Abb. 1) wird das Prisma nicht vom Sonnenlicht beleuchtet, sondern vom Licht eines Diaprojektors (der das Bild eines sog. Spalt-Dias aufs Prisma projiziert). Das Licht der Projektionslampe ist zwar schwächer als das der Sonne, unterscheidet sich aber in seiner Zusammensetzung kaum vom Sonnenlicht.

#### IV Ausgangspunkt Weißanalyse

Zunächst zur newtonischen Weißanalyse nach Wiener Art. (Newtons Version des Experiments finden Sie in Abb. 1). In einen Diarahmen spannt Ingo Nussbaumer zwei undurchsichtige Rechtecke, die einander fast berühren, und zwar so, dass sie einen schmalen senkrechten Spalt in der Mitte des Diarahmens freilassen. Wird dies Spalt-Dia im abgedunkelten Raum auf eine geeignete Fläche projiziert, so sieht man einen schmalen weißen Lichtbalken in pechschwarzer Umgebung. Das ist die Ausgangssituation. Nun stellt Ingo Nussbaumer ein mit Wasser gefülltes Hohlprisma hochkant vors Objektiv des Projektors (siehe Abb. 2).

Das weiße Licht des Diaprojektors muss durch zwei der Grenzflächen des Wasserprismas hindurch; bei beiden Grenzübertritten wird es vom geraden Weg nach rechts abgelenkt (gebrochen, refrangiert). Das projizierte Bild zeigt sich demzufolge viel weiter rechts auf der Projektionsfläche. Doch dramatischer als dieser Ortswechsel sind zwei andere Effekte. Erstens ist aus dem ehemals schmalen Lichtbalken ein weitaus breiteres Bild geworden, und zweitens ist dieses Bild nicht mehr weiß, sondern kunterbunt – am linken Ende rot, in der Mitte grün, rechts blau, mit fließenden Übergängen (siehe Abb. 3).

Woher rührt dieser doppelte Überraschungseffekt? Darauf hat die orthodoxe Optik, die auf Newton zurückgeht, eine bestechende Antwort. Das ursprüngliche – weiße – Projektionslicht (das sich ohne zwischengeschaltetes Wasserprisma zeigt) besteht aus mehreren übereinandergeblendeten Lichtern verschiedener Farben: aus roten, grünen und blauen Lichtstrahlen. Jedem Licht einer bestimmten Farbe kommt beim Weg durchs Prisma ein spezielles Brechungsverhalten zu: Blaues Licht ändert seine Richtung beim Weg durchs Prisma am stärksten, rotes Licht ändert seine Richtung am wenigsten, und grünes Licht wählt hierbei den goldenen Mittelweg.

Das Wasserprisma zieht also die verschiedenfarbigen Strahlenbündel, die im weiß erscheinenden Lichtbalken versteckt sind, deshalb auseinander, weil Refrangibilität (Stärke der prismatischen Wegablenkung) und Farbe letztlich ein und dasselbe sind – und sich, wie wir heute wissen, auf die jeweilige Wellenlänge des fraglichen Lichts zurückführen lassen.

Kurz und gut, weißes Licht ist eine Mischung verschiedenfarbiger Lichtstrahlen diverser Refrangibilität. Das ist das berühmteste Resultat der newtonischen Forschungen zur Optik.<sup>7</sup>



**Abb. 3** Newtons Spektrum [I.N. 2009]. Links Rot, in der Mitte Grün, rechts Blau – mit fließenden Übergängen.

<sup>7</sup> Die diverse Refrangibilität der Bestandteile des weißen Lichts verkündet Newton in Newton [NTaL]:3079. Ihre verschiedene Farbigkeit findet sich in Newton [NTaL]:3083, Punkt 7.

#### V Die ästhetischen Nachteile der newtonischen Weißsynthese

Wenn weißes Licht aus verschiedenfarbigen Lichtstrahlen besteht, dann muss es sich aus ihnen auch wieder zurückgewinnen lassen; der newtonischen Weißanalyse muss eine Weißsynthese entsprechen. Und in der Tat, schon Newton hat sein aufgefächertes Farbspektrum mittels einer Sammellinse wieder zusammengezogen, wobei die bunten Farben verschwanden und sich ein weißer Lichtfleck bildete, siehe Abb. 4.

Ein nettes Experiment, einverstanden. Aber genügt das Experiment in jeder Hinsicht unserem Schönheitssinn? Darüber kann man streiten. Jedenfalls gibt es gute Gründe, sich nach einem schöneren Experiment umzusehen. Denn man muss in Newtons Weißsynthese lange herumfummeln, bis man die Linse so plziert hat, dass sich der gewünschte weiße Lichtbalken ohne farbige Verschmutzungen blicken lässt – das funktioniert nur dann, wenn man die Abstände zwischen Prisma, Linse und Projektionsfläche fein auf die Abmessungen und Materialeigenschaften der Linse abstimmt. Fummelarbeit, wie gesagt, also mühsam und irgendwie unschön. Dieser ästhetische Makel liegt an der Oberfläche, hängt aber mit einem tieferliegenden ästhetischen Makel des Experiments zusammen.

Denn mit der Sammellinse kommt ein neues, andersartiges Element ins Spiel, das die bestehende Einfachheit des ursprünglichen Versuchsaufbaus bedroht. Wie eine Sammellinse funktioniert, lässt sich weniger leicht durchschauen als die Funktionsweise eines Prismas. Erinnern Sie sich nur an die Schrecksekunde, die Sie am Gymnasium durchlitten haben, nachdem die Physiklehrerin *ex cathedra* verkündet hatte: Eine Sammellinse ist nichts anderes als eine Ansammlung unendlich vieler kleiner Prismen, siehe Abb. 5.

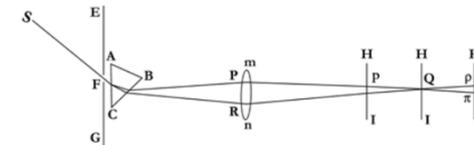
Ich gebe es zu: ein kühner Gedanke, dieser Flirt mit der Unendlichkeit, und sogar auf seine Weise schön – für sich genommen. Aber in unserem Zusammenhang befriedigt es nicht, wirkt es unästhetisch, stört es die Proportionen, wenn einer *unendlich viele* Prismen ins Feld führen muss, um das rückgängig zu machen, was *ein einziges Prisma* bewirkt. Schöner wäre es, wenn die Weißsynthese weder mehr noch weniger apparativen und intellektuellen Aufwand erforderte als die Weißanalyse.

Um nicht missverstanden zu werden: Newtons Experiment funktioniert und muss als gelungener Nachweis der Weißsynthese gelten, daran will ich nicht rütteln. Das ästhetische Unbehagen, das ich gegenüber Newtons Experiment habe wecken wollen, zielt nicht auf die Zurückweisung des Experiments, vielmehr soll es die Suche nach einfacheren und damit auch schöneren Versionen der Weißsynthese beflügeln. Und falls diese Suche nichts fruchten sollte, müssen wir uns mit Newtons Weißsynthese aus dem Jahr 1672 bescheiden, Punktum. Dass dies nicht nötig ist, hat vierzig Jahre später Desaguliers gezeigt – ein Schüler und Verbündeter Newtons.

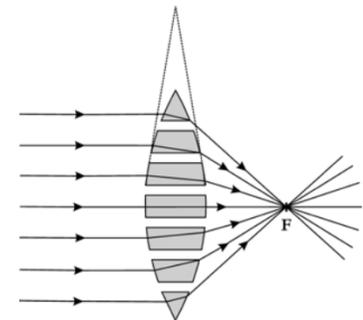
Sein Experiment zur Weißsynthese ist denkbar einfach, kommt ohne Sammellinse aus und produziert einen wunderschönen, glasklaren Effekt: klar fürs Auge und klar für unseren Intellekt.

#### VI Umgedrehte Zeitrichtung als ästhetisches Faszinosum

Bevor ich im nächsten Abschnitt erläutern werde, wie das schönere Experiment zur Weißsynthese funktioniert, möchte ich Sie in eine intellektuelle Spielerei verwickeln. Gehen wir zum kunterbunten Rechteck aus der Weißanalyse zurück, das aus dem Wasserprisma vor dem Diaprojektor herkam und dann auf der Projektionsfläche gegenüber aufgefangen wurde. Jetzt ändern wir (in Gedanken) die zeitliche Richtung des gesamten Experiments, legen gleichsam den Rückwärtsgang ein. Dann reisen die roten, grünen und blauen Lichtbündel von der Projektionsfläche zurück zum Prisma, werden bei beiden Grenzübertritten (ins Prisma hinein und aus ihm heraus) genau auf den Pfad ihrer Hinreise gebrochen, und zwar wieder verschieden stark, je nach Refrangibilität der fraglichen Lichtbündel. (Die roten Lichtbündel werden beide Male am wenigsten weit vom Weg abgelenkt, die blauen beide Male am weitesten).



**Abb. 4** Newtons Weißsynthese aus der Jahr 1672 [Quelle der Zeichnung: Newton [NTaL]:3086; nachgezeichnet von Ingo Nussbaumer]. Das durchs Prisma ABC kunterbunt zerlegte Licht wird durch die Sammellinse mn wieder zusammengebündelt; ob die Weißsynthese gelingt, hängt davon ab, wie weit man die Projektionsfläche HI von der Linse mn entfernt; eine Fummelarbeit. Die Abbildung zeigt rechts drei exemplarisch denkbare Positionen der Projektionsfläche, die der Experimentator durchprobieren musste. Einzig optimal ist die mittlere Position – nur hier findet die Weißsynthese statt. Man könnte sagen, dass die Suche nach diesem optimalen Punkt darauf hinausläuft, eine Symmetrieachse zu finden.



**Abb. 5** Linse, theoretisch aus Prismen zusammengesetzt [die Abbildung stammt aus einem Schulbuch (Dorn et al [PM]:238/9, Abbildung 239.2); leicht veränderte Nachzeichnung I.N. 2009]. Die Abbildung trägt die frohgemute Bildunterschrift „Sammellinse aus Prismenstücken zusammengesetzt“, und das, obwohl sie wie ein Prismensuchspiel aussieht, nicht wie eine klare Darstellung einer Ansammlung von Prismen. Man muss sich anstrengen, um zu verstehen, warum Newton die auseinandergezogenen Lichtstrahlen des Spektrums nicht einfach mithilfe eines Prismas wieder zusammenbringen kann: Zwar kann man jeden einzelnen Lichtstrahl auch mithilfe eines Prismas an den gewünschten Ort brechen, aber diese Aufgabe muss für alle Lichtstrahlen gleichzeitig gelöst werden, und dazu ist an jeder Stelle des Spektrums ein eigenes Prisma mit jeweils eigens angepasster Ausrichtung nötig.

Wohin gelangen alle diese Lichtbündel nach ihrem Austritt aus dem Prisma? Einfach: Sie vereinigen sich allesamt genau am Ort des Objektivs unseres Diaprojektors. Und da sich dort die Lichtbündel aller Lichtsorten überlagern, büßen sie ihre Farbe ein und ergeben genau die optische Figur, mit der die Sache im ursprünglichen Experiment angefangen hat: weißer Lichtbalken vor schwarzem Hintergrund.

Diesem Gedankenspiel liegt ein Motiv zugrunde, das Mathematiker und Physiker als schön empfinden: das Motiv der zeitlichen Symmetrie. Es ist schön, wenn ein Vorgang vorwärts genauso funktioniert wie rückwärts (wenn also die den Vorgang regierenden Gesetze unabhängig von der Zeitrichtung sind; wenn sie keine Zeitrichtung auszeichnen).

Nicht alle Vorgänge der Natur zeigen diese zeitliche Symmetrie. Sonst könnte man die Toten aufwecken oder aus einer lauwarmen Tasse *café au lait* flink eine halbe Tasse heißen schwarzen Kaffees und eine halbe Tasse kühler Milch zurückgewinnen. Derlei verhindern die zeitlichen Asymmetrien der Wärmelehre, insbesondere ihr grausamer zweiter Hauptsatz („Je später, desto mehr Unordnung“).

Kurzum, das ästhetische Motiv der zeitlichen Symmetrie durchzieht nicht die gesamte Naturwissenschaft. Andererseits kennen und schätzen wir zeitliche Symmetrien auch außerhalb der Naturwissenschaft, in der Musik zum Beispiel. Bachs Krebskanon aus dem *Musicalischen Opfer* (BWV 1079) ist dafür berühmt. Es ist ein zweistimmiger Kanon, von dem nur eine Stimme im Notensystem notiert ist; die zweite Stimme entsteht aus der ersten durch zeitliche Umkehrung. Dass die Sache so gemeint ist, zeigt das Ende der notierten Stimme. Dort laden die gespiegelten Symbole für Vorzeichen (drei spiegelverkehrte *l*'s), Viervierteltakt (ein spiegelverkehrtes *c*) und für den Sopranschlüssel (ganz am Ende des Notensystems) dazu ein, die offiziell notierte Stimme rückwärts zu spielen (siehe Abb. 6).

Und da der Kanon ausdrücklich als *Canon à 2* überschrieben ist, sind beide Stimmen (vorwärts und rückwärts) gleichzeitig zu spielen; sie treffen sich in der exakten Mitte des Kanons, am Ende des neunten von insgesamt achtzehn Takten, also dort, wo die zeitliche Symmetrieachse liegt. Der gesamte zweistimmige Kanon klingt demzufolge vorwärts genauso wie rückwärts. Wer um die zeitliche Symmetrie des Kanons weiß, hört sie auch und freut sich über sie.

Komponisten haben viele andere Möglichkeiten, ihre Beherrschung der Formen zu demonstrieren. Kein Wunder, dass zeitliche Symmetrien in der Musik seltener vorkommen und weniger wichtig sind als in der Physik. Und auch in der Physik herrschen sie, wie gesagt, nicht uneingeschränkt. Nichtsdestoweniger ähneln die Gesetze der Optik in dieser Hinsicht eher Bachs faszinierendem Krebskanon als dem grausamen zweiten Hauptsatz der Wärmelehre.

## VII Wie die Weißsynthese bei Desaguliers funktioniert

Dass sich optische Geschehnisse zeitlich umdrehen lassen, habe ich in meinem Gedankenspiel vorausgesetzt. Kann man das nachweisen? Schön wäre ein Experiment, in dem die zeitliche Symmetrie der Optik augenfällig wird, etwa in Form einer Symmetrie zwischen Weißanalyse und Weißsynthese. Wie es gehen könnte, möchte ich mithilfe einer unschuldigen Frage aufklären. Sie lautet: Wieso sehen wir eigentlich im ursprünglichen Experiment ein kunterbuntes Bild auf der Projektionsfläche? Wie kommt dies Bild in unser Auge? Folgende Antwort, die sich zunächst aufdrängt, ist ein wenig zu einfach: All die bunten Lichtstrahlen, die auf der Projektionsfläche anlangen, werden von dieser Fläche zurückgeworfen und geraten so geradewegs zu *unserer* Pupille. – Zu *unserer* Pupille? Bedenken Sie, dass jeder von uns das kunterbunte Lichtrechteck sehen kann, dass die fraglichen Lichtstrahlen also in alle Pupillen reisen müssen; sie müssen überall hinkommen. Das bedeutet: Die Lichtstrahlen werden von der Projektionsfläche in *alle* Richtungen zurückgeworfen; sie spritzen sozusagen überallhin.

So weit, so banal. Weniger banal als diese allgemeine Feststellung ist folgender Spezialfall. Wenn die bunten Lichtstrahlen von der Projektionsfläche *überallhin* zurückgeworfen werden, so müssen einige dieser Strahlen exakt auf denjenigen Bahnen von der Projektionsfläche zum Prisma zurückreisen, auf denen sie zuvor vom Prisma zur Projektionsfläche hingereist sind.



Abb. 6 Bach Krebskanon

Auf genau diesem Gesichtspunkt beruht die neue Version der Weißsynthese, die auf Desaguliers zurückgeht und die Ingo Nussbaumer in schönster Perfektion nachvollzogen hat: Die rückwärtsreisenden farbigen Lichtstrahlen, auf die ich mich vorhin in meinem rein theoretischen Gedankenspiel von der umgedrehten Zeitrichtung gestützt habe (Abschnitt VI), kommen bereits im ursprünglichen Experiment vor!

Zwar treten längst nicht alle Lichtstrahlen ihre exakte Rückreise an; die meisten hinreisenden Strahlen werden woandershin zurückgeworfen als geradewegs zurück. Doch immerhin: Ein fairer – wenn auch insgesamt blasser – Teil des zurückgeworfenen Lichts fliegt im Rückwärtsgang dahin zurück, woher er kam. Das ist uns nur nicht aufgefallen, wir haben es nicht gesehen.

Jetzt aufgepasst: *Wenn* (wie eben dargetan) schon im ursprünglichen Experiment zwischen Projektionsfläche und Prisma die fraglichen bunten Lichtstrahlen doppelt vorkommen, nämlich erstens vorwärts und zweitens genauso (wenn auch blasser) rückwärts, dann kann man das ursprünglich *analysierende* Prisma gleichzeitig zum Zweck der *Synthese* einsetzen. Man lässt es einfach da stehen, wo es steht. Sollten die Gesetze der Optik (also in unserem Fall die prismatischen Brechungsgesetze) wirklich schön sein, also symmetrisch in Bezug auf die Zeitrichtung, dann muss schon im ursprünglichen Experiment am Ort des Diaprojektors genau das Bild zurückkommen, mit dem die ganze Sache angefangen hat.

Das ist jedenfalls die Idee, die Desaguliers und Nussbaumer für ihre Weißsynthese ausnutzen. Abb. 7 zeigt die Weißsynthese des Desaguliers. Obwohl das aus der Abbildung nicht hervorgeht, nimmt Desaguliers ein *langes* Prisma, das dem Betrachter genug Platz bietet, um *neben* dem Sonnenlichtstrahl hindurchzuschauen.<sup>8</sup> Bei Nussbaumer funktioniert das viel bequemer, denn er verfügt über großzügige, hohe Wasserprismen. Wir starren in dieselbe Richtung durch das Prisma, in die der Projektor sein Licht hineinwirft, und zwar indem wir unsere Augen *direkt über* dem Objektiv des Projektors platzieren.

*Voilà*, die Weißsynthese: Man blickt durchs Wasserprisma auf eine Projektionsfläche, auf der sich aus anderen Blickwinkeln (ohne Prisma) ein breites, kunterbuntes Rechteck zeigt; und man sieht (durchs Prisma blickend) kein breites, kunterbuntes Rechteck, sondern einen schmalen weißen Lichtbalken – offenbar die Überlagerung der verschiedenen Zonen des kunterbunten Rechtecks. Abb. 8 zeigt das Ausgangsbild und dessen Synthese.

## VIII Die neue Weißsynthese ist schöner als die Newtons

Den Effekt, den ich im letzten Abschnitt beschrieben habe, muss man selber gesehen haben, um seine Schönheit zu würdigen. Aus eigener Anschauung kann ich berichten, welche Freude mich jedesmal durchflutet, wenn ich den aus Buntem synthetisierten weißen Lichtbalken erblicke, und wie stark mich jedesmal wieder die Schärfe und Sauberkeit des weißen Balkens überraschen und ansprechen. Das ist eine ästhetische Reaktion auf das neue Versuchsergebnis: die Freude daran, dass die Sache aufgeht, genau hinkommt, sozusagen exakt zuschnappt. Es ist dieselbe Freude, die dem Musikfreund zuteil wird, wenn vor seinen Ohren eine gewagte Quadrupelfuge aufgeht. Und es ist eben diese Freude, die uns vorenthalten wird, weil die letzten Takte des *Contrapunctus 14* (BWV 1080/19) aus Bachs *Kunst der Fuge* verlorengegangen sind.

Natürlich ist der bloße Anblick eines scharf umgrenzten, schneeweißen Lichtbalkens vor pechschwarzem Hintergrund kein Erlebnis von ästhetisch hohem Rang. Nur im Lichte der zugehörigen Hintergrundkenntnisse gewinnt der Anblick des schmalen Balkens seinen ästhetischen Reiz. Um ästhetisch angesprochen zu werden, muss man wissen, woher der weiße Lichtbalken kommt. Man muss wissen, dass ein kunterbuntes Rechteck mit vielen feinen farbigen Abstufungen den Ausgangspunkt der Synthese bildet – einen Ausgangspunkt, der seinerseits aus einem schmalen weißen Lichtbalken hervorgehoben wurde. Faszinierend ist hier unter anderem das Wechselspiel, ja die Gleichwertigkeit von fast schon unendlicher Farbenvielfalt auf der Projektionsfläche einerseits und der allergrößten farblichen Einfalt – des Weißens – im gesehenen Bild andererseits.

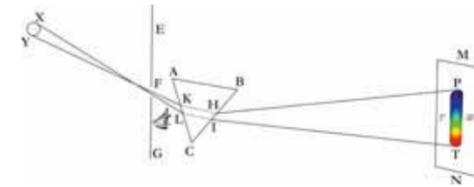


Abb. 7 Die Weißsynthese des Desaguliers (1714) [Nachzeichnung mit eingefügtem Spektrum i.N. 2009]. In Desaguliers' Originalzeichnung sind zwei Experimente auf einmal dargestellt: eines, in dem der Experimentator durchs analysierende Prisma AB hindurchschaut (oben); und eines, in dem er durch ein anderes Prisma CD hindurchschaut (unten). Das untere Experiment hat schon Newton gekannt. [Die Abbildung heißt bei Desaguliers „Fig. 15“; sie findet sich auf der Tafel am Ende seines Aufsatzes und bezieht sich auf Desaguliers' fünftes Experiment (Desaguliers [AoSE]: 442)].

8 Desaguliers [AoSE]: 442 (= Experiment V).

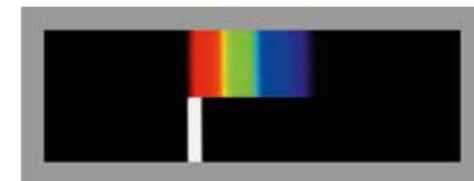


Abb. 8 Photodokumentation der Wiener Weißsynthese [i.N. 2009]. Oben zeigt die Abbildung ein Photo des Newtonspektrums. Unten zeigt sie das Bild, das die Kamera liefert, wenn man das Newtonspektrum durchs analysierende Prisma hindurch fotografiert – alle Farben des Newtonspektrums werden wieder zusammengezogen und mischen sich zu Weiß.

Faszinierend und schön ist zudem, dass sich die zeitliche Symmetrie der optischen Gesetze räumlich im Experiment dingfest machen lässt; die Weißanalyse spielt sich – fast – genau auf denselben Bahnen ab wie die Weißsynthese. Können Sie sich der Schönheit dieser Tatsache entziehen?

Mehr noch, das Experiment bietet aus sechs Gründen (im Komparativ) eine schönere Weißsynthese als Newtons Experiment. Erstens weil es weniger Apparate benötigt (insbesondere keine Sammellinse), zweitens weil sein Versuchserfolg weniger Fummelarbeit voraussetzt, drittens weil sein Effekt sauberer, ja schärfer aufscheint, viertens weil es sich leichter überblicken lässt, fünftens weil in dem Experiment Licht- und Blickrichtung auf denselben Bahnen laufen, sechstens weil Analyse und Synthese, Lichtauffächerung und Lichtbündelung hier in einem einzigen experimentellen Ereignis verschmelzen.

## IX Nussbauers Purpursynthese

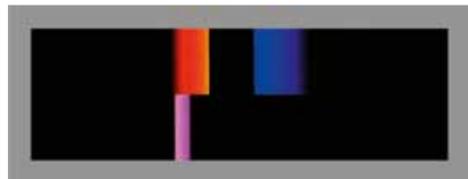
Ich möchte in den nächsten Abschnitten auf Erweiterungen des eben gelobten Experiments zu sprechen kommen, mit deren Hilfe Ingo Nussbaumer noch mehr naturwissenschaftliche Schönheit zu entfalten weiß, als in den klassischen Experimenten zum Vorschein kommt. Jetzt sind wir also an dem Punkt, an dem wir Ingo Nussbaumer bei seiner eigenen Forschung über die Schulter schauen; seine Ergebnisse sind spektakulär, wie wir sehen werden: höchst überraschend und elegant.

Ingo Nussbauers Grundidee ist ebenso schlicht wie genial. Laut Newton müssen wir nicht nur Weiß, sondern eine ganze Reihe anderer Farben als Zusammensetzung verschiedener Spektralfarben auffassen; es müsste also nicht nur eine Weißsynthese, sondern z. B. auch eine Purpursynthese, eine Türkissynthese, eine Gelbsynthese geben. Schön wäre es, wenn man solche Farben nach denselben Spielregeln synthetisieren könnte wie Weiß. Und in der Tat, das funktioniert. Statt das gesamte kunterbunte Farbrechteck (das sich auf der Projektionsfläche entfaltet hat) nach seinem Rückweg, durchs Prisma zusammengezogen, ins Auge zu fassen, fasst Ingo Nussbaumer jetzt nur *Teile* dieses Farbrechtecks ins Auge, wieder nach dem Rückweg, durchs Prisma zusammengezogen.

Wie das? Einfach: Ingo Nussbaumer schneidet aus dem aufgefächerten kunterbunten Farbrechteck die Teile heraus, die nichts zur fraglichen Synthese beitragen sollen. Genauer gesagt schneidet er diejenigen Stücke der *Projektionsfläche* fort, auf denen sich vorher noch die auszuschaltenden Bereiche des Farbrechtecks abbildeten; dort klaffen jetzt Löcher. Und wenn der Raum hinter der Projektionsfläche (der uns bisher nicht interessieren musste) dunkel ist, dann verschwinden darin die unerwünschten Bereiche des zuvor kompletten Farbrechtecks.

Betrachten wir z. B. die Purpursynthese: In der Mitte des kunterbunten Farbrechtecks (Abb. 3) lässt sich eine deutliche grüne Zone ausmachen, die etwa 30 Prozent des gesamten Farbrechtecks füllt. Ingo Nussbaumer schneidet diese grüne Mitte aus dem Farbrechteck heraus (beziehungsweise den sie auffangenden Teil der Projektionsfläche) und lässt dessen roten Bereich links und dessen blauen Bereich rechts unangetastet. Auf der Projektionsfläche zeigen sich nun noch gut 70 Prozent des kompletten Spektrums, und diesen Teil betrachtet Ingo Nussbaumer aus demselben Blickwinkel durchs Prisma wie vorhin bei der Weißsynthese.

Abermals zeigt sich ein verblüffender Effekt. Das zerstückelte Spektrum vereinigt sich wiederum zu einem scharf umgrenzten schmalen Lichtbalken von völlig sauberer, einheitlicher Farbe – aber nicht strahlend weiß (wie vorhin), sondern im schönsten Purpur, siehe Abb. 9. Und der purpurne Lichtbalken hat exakt dieselben Abmessungen wie dessen weißer Vorgänger. *Exakt* dieselben Abmessungen? Wie kann man das wissen? Vorhin sah man einen weißen Lichtbalken, jetzt sieht man einen purpurnen. Wer wagt es zu behaupten, er könne sich gut genug erinnern, um von exakter Gleichheit reden zu dürfen? Eine berechtigte Frage. Ingo Nussbaumer entgeht ihr, indem er die Weiß- und die Purpursynthese gleichzeitig durchführt, indem er sie also in einem einzigen Experiment zusammenbringt.



**Abb. 9** Photodokumentation der Wiener Purpursynthese [I.N. 2009]. Oben zeigt die Abbildung ein Photo des Newtonspektrums, dessen grüne Mitte von Nussbaumer herausgeschnitten wurde. Unten zeigt sie das Bild, das die Kamera liefert, wenn man dies fragmentierte Newtonspektrum wieder durchs analysierende Prisma hindurch photographiert – alle Farben des Newtonspektrums (außer Grün) werden wieder zusammengezogen und mischen sich zu Purpur, der Komplementärfarbe von Grün.

Hierzu teilt er das kunterbunte Farbrechteck auf der Projektionsfläche in zwei horizontal übereinanderliegende Hälften ein, wie auf Abb. 10 zu sehen ist; die obere Hälfte lässt er (für die Weißsynthese) intakt, aus der unteren Hälfte schneidet er (für die Purpursynthese) die grüne Mitte heraus (indem er sie wie gehabt von der Finsternis hinter der Projektionsfläche verschlingen lässt). Jetzt kann er seinen angestammten Beobachtungsposten einnehmen und in der gewohnten Richtung durchs Wasserprisma auf die (teils durchlöcherter) Projektionsfläche blicken. Dann sieht er einen schmalen Lichtbalken, dessen obere Hälfte weiß und dessen untere Hälfte purpurn leuchtet. Dass die beiden Balkenhälften exakt gleich breit sind, lässt sich diesmal leicht überprüfen, denn die vertikalen Grenzlinien der unteren, purpurnen Balkenhälfte bilden eine schnurgerade Verlängerung der vertikalen Grenzlinien der oberen, weißen Balkenhälfte, siehe Abb. 11. Dass das glatt aufgeht, genau hinkommt, optisch flutscht: diese überraschende Präzision spricht unser Schönheitsempfinden an, und das stärker noch als im Fall der Weißsynthese allein. Denn diesmal haben wir zwei recht verschiedene Projektionsbilder nach ihrem Rückweg durchs Prisma zusammengezogen – ein komplettes und ein zerschnittenes. Dass sie beide im optischen Endergebnis geometrisch sauber aufeinander passen, ist ebenso erfreulich wie deren einheitlicher Farbeindruck von reinem Weiß und reinem Purpur; geometrische und farbliche Sauberkeit gehen Hand in Hand.

## X Flucht aus der hässlichen Willkürlichkeit

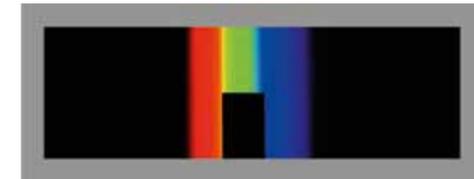
Die simultane Weiß- und Purpursynthese, die ich im letzten Abschnitt beschrieben und gepriesen habe, hat einen hässlichen Zug. Es wirkt irgendwie beliebig, hergeholt oder willkürlich, dass darin einerseits das kunterbunte Farbrechteck als Ganzes zusammengezogen wird, andererseits *irgendwelche* seiner Teile, nämlich ausgerechnet sein roter und blauer Teil. Wieso zieht Ingo Nussbaumer gerade *diese* Teile des kunterbunten Farbrechtecks zusammen und nicht irgendwelche anderen? Beliebigkeit verletzt fast immer unser Schönheitsempfinden.<sup>9</sup> (Eine Ausnahme wäre die aleatorische Musik eines John Cage, aber auch dort regiert der Zufall nur in präzise abgezielten Grenzen).

Diesen ästhetischen Makel behebt Ingo Nussbaumer, indem er die Purpursynthese als speziellen Fall einer umfassenderen Ordnung ausweist – einer Ordnung von mathematischer Stringenz, die alles andere als beliebig aussieht.

Hier die Idee: In der parallelen Purpur- und Weißsynthese wurden das eine Mal *zwei* der drei Bereiche des kunterbunten Rechtecks zusammengezogen (Rot + Blau = Purpur), das andere Mal alle *drei* Bereiche (Rot + Grün + Blau = Weiß). Das sind einfach irgendwelche Spezialfälle *aller* denkbaren sieben Kombinationen:

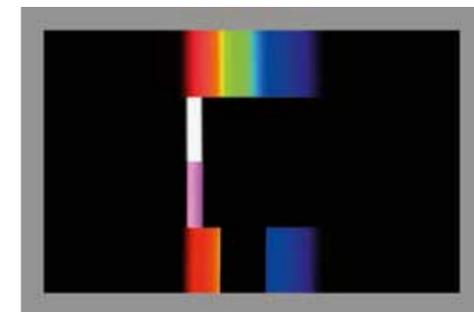
- 1 | Rot
- 2 | Rot + Grün
- 3 | Grün
- 4 | Rot + Grün + Blau
- 5 | Grün + Blau
- 6 | Rot + Blau
- 7 | Blau

Dass es genau diese sieben Kombinationsmöglichkeiten gibt, ist ein Produkt mathematischer Notwendigkeit. Und also kann man der ästhetischen Beliebigkeit des Doppel-experiments (aus dem vorigen Abschnitt) entrinnen, indem man alle sieben Kombinationsmöglichkeiten parallel in *einem* Experiment unterbringt. Genau das hat Ingo Nussbaumer getan. Er hat die Projektionsfläche des kunterbunten Rechtecks in sieben horizontale Zeilen eingeteilt und in jeder der Zeilen jeweils eine der denkbaren Kombinationen stehenlassen (also den Rest weggeschnitten). Die Projektionsfläche sieht dann z. B. so aus wie in Abb. 12 gezeigt. Die kombinatorischen Schablonen, die Ingo Nussbaumer nach dieser Idee hergestellt hat, bieten – abgesehen von ihrem ästhetisch-künstlerischen Wert – eine echte Innovation der Farbwissenschaft. Sobald eine solche Schablone vom newtonischen Spektrum beleuchtet wird, zeigt sie alle denkbaren Kombinationen der drei Grundfarben Rot-Grün-Blau, siehe Abb. 13. Welche Mischungsergebnisse liefern diese Kombinationen per Farbensynthese?



**Abb. 10** Photodokumentation des Ausgangsbilds für die gleichzeitige Weiß- und Purpursynthese [I.N. 2009]. Oben zeigt die Abbildung ein Photo des Newtonspektrums (wie in Abb. 8 oben). Unten zeigt sie ein Photo des Newtonspektrums, dessen grüne Mitte von Nussbaumer herausgeschnitten wurde (wie in Abb. 9 oben). Dieses zweizeilige Ausgangsbild ist durchs Prisma zu betrachten. Abb. 11 zeigt, was bei diesem Experiment herauskommt.

<sup>9</sup> Siehe z. B. Weinbergs Verweis darauf, wie hässlich die bloße Aufzählung der Eigenschaften aller bekannten Elementarteilchen wirkt, die das Lawrence Berkeley Laboratory alle zwei Jahre veröffentlicht (Weinberg [T+EU]: 154/5).



**Abb. 11** Gegenüberstellung der gleichzeitigen Weiß- und Purpursynthese [I.N. 2009]. In der Mitte (Zeile 2 und 3) zeigt sich das Resultat, das man erhält, wenn man durchs Prisma auf das Ausgangsbild (Abb. 10) blickt. Die Photodokumentation dieser beiden Versuchsergebnisse belegt: Beide Synthesen liefern Bilder mit exakt identischen Abmessungen.



**Abb. 12** Nussbauers weiß beleuchtete Schablone (zerschnittene Projektionsfläche) als Fenster ins zwielichtig Dunkle [Photo I.N. 2009]. Die Projektionsfläche wird in sieben Zeilen und drei Spalten eingeteilt. In jeder Zeile werden verschiedene Spaltenkombinationen weggeschnitten. So sind in der dritten Zeile die linke und rechte Spalte

weggeschnitten (hier ockerfarben); nur die mittlere Spalte bleibt stehen (weißlich). Das Weggeschnittene eröffnet uns Blicke in die Dunkelheit des dahinterliegenden Raums, genauer: auf dessen Rückwand. Die Fenster ins Dunkle erscheinen deshalb nicht schwarz, sondern ockerfarben, weil das Photo bei Tageslicht

aufgenommen wurde. Das schadet nicht. Im Vergleich jedenfalls zur stark beleuchteten Projektionsfläche (die auf dem Photo weißlich beige erscheint) sind die ockerfarbenen Löcher der Schablone dunkel genug, um das Experiment zum Erfolg zu führen. Wie die Schablone aussieht, wenn sie mit einem Newtonspektrum beleuchtet wird, zeigt Abb. 13.

## XI Sieben Synthesen

Blicken wir also mit Ingo Nussbaumer durchs Wasserprisma auf die kombinatorisch raffiniert zerschnittene und kunterbunt beleuchtete Projektionsfläche! Das Ergebnis ist ein Fest für die Augen: Wie mit dem Lineal gezeichnet, liegen nun sieben Lichtbalken von identischer Geometrie feinsäuberlich übereinander, und jeder Lichtbalken bietet einen Farbeindruck schönster Reinheit. Purpur und Weiß sind wirklich nur zwei Spezialfälle einer ganzen Palette aufscheinender Buntheit; Türkis und Gelb finden sich darin ebenso rein wieder wie Rot, Grün und Blau. Siehe Abb. 14.

Besonders überraschend finde ich das saubere Gelb in der zweiten Zeile, ein Syntheseprodukt aus der roten und der grünen Zone des kunterbunten Lichtrechtecks auf der Projektionsfläche. Alte Hasen der Computerei werden gelangweilt abwinken, doch das zählt nicht. Sie sind mit RGB-Bildschirmen großgeworden und haben sich an einen Mischungseffekt gewöhnt, der unbedarfte Augen so verblüffen muss wie der Effekt der Weißsynthese.

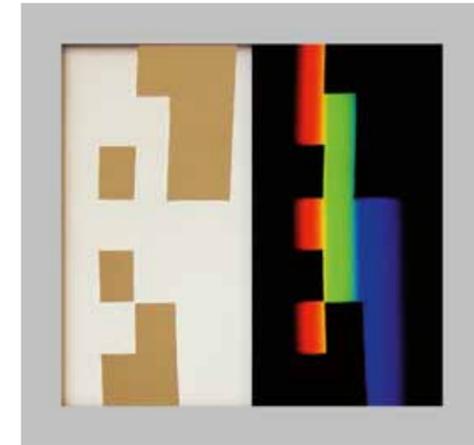
Auf den ersten Blick banal sind die drei Farbgleichungen, über die ich noch kein Wort verloren habe und die sich in der ersten, dritten und siebten Zeile des Experiments finden:

- |   |             |
|---|-------------|
| 1 | Rot = Rot   |
| 3 | Grün = Grün |
| 7 | Blau = Blau |

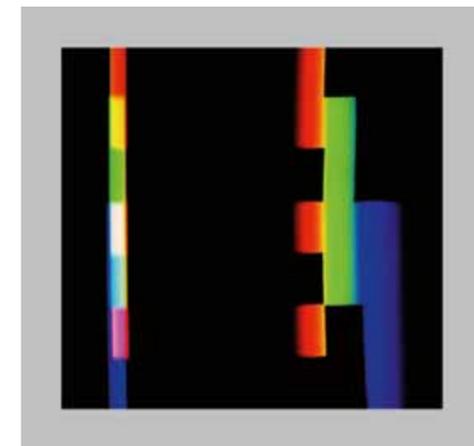
Hier lohnt sich ein genauere Blick. Immerhin bieten die fraglichen Bereiche aus dem kunterbunten Rechteck auf der Projektionsfläche nicht ganz denselben Farbeindruck wie deren Gegenstücke im (durchs Prisma zusammengezogenen) Bild. Auf der Leinwand lassen sich ineinander verschwimmende Farbnuancen ausmachen, was besonders an den Grenzen der jeweiligen Farbzonen ins Auge springt, siehe Abb. 13. (Zum Beispiel tendiert der linke Rand des Grüns aus der dritten Zeile ins Gelbliche, sein rechter Rand ins Bläuliche.) Dagegen sieht der jeweilige Farbeindruck im zusammengezogenen Bild völlig einheitlich aus und überall gleich sauber. (Die Photokamera gibt das zum Teil weniger deutlich wieder als das menschliche Auge; schauen Sie sich das ruhig einmal im echten Experiment an!) Viele feine Rotnuancen werden also im Experiment zu einem einzigen Rotton verschmolzen. Genauso bei den vielen feinen Grünnuancen und bei den vielen feinen Blauanuancen des kunterbunten Farbrechtecks. Um diesen dreifachen Effekt auf den Punkt zu bringen, könnte man sagen, dass im Experiment die *kontinuierliche* Vielfalt der Natur (die bekanntlich keine Sprünge macht) *diskret* synthetisiert wird; die verwirrende Unendlichkeit der Farbenwelt wird dadurch sozusagen gebändigt – auch das ein ästhetischer Erfolg.

Alle sechs bunten Syntheseprodukte (Rot, Gelb, Grün, Türkis, Purpur, Blau) erscheinen dem Auge übrigens farblich rein; es sind sozusagen reinrassige Repräsentanten der sonst oft buntscheckigen Farbenwelt; man könnte sie als Hauptfarben bezeichnen.

Bevor ich weitergehe, möchte ich ein ästhetisches Résumé für Ingo Nussbauers siebenfache Farbensynthese ziehen. Erstens zeigt das Experiment exemplarisch und auf intellektuell faszinierende Weise die zeitliche Symmetrie (eines Bereichs) der Optik, insbesondere bei der Weißsynthese. Zweitens holt das Experiment aus einem verschwimmenden Farbkontinuum sieben saubere, diskrete Farbsynthesen heraus, die allesamt farblich gleichberechtigt wirken; es freut unseren Schönheitssinn, wenn dem Chaos eine elegante Ordnung entspringt. Dies geschieht drittens durch reine Kombinatorik, und es ist überraschend, dass jeder theoretisch möglichen Mischkombination empirisch ein deutlich herausgehobener Farbeindruck entspricht; das Experiment demonstriert sozusagen die Vollständigkeit der Synthesemöglichkeiten des Spektrums, und Vollständigkeit ist ein ästhetisches Plus. Viertens spricht die geometrische Präzision des erblickten Bildes unser Schönheitsempfinden an und bietet zugleich einen handfesten Überraschungseffekt. Fünftens schließlich verschaffen uns die sieben synthetisierten Farben jeweils für sich ein schönes Farberlebnis. Aber stop! Das ist vielleicht nur Geschmacksache. – Wirklich? Auch beim Purpur?



**Abb. 13** Nussbauers Schablone mit und ohne spektrale Beleuchtung [Montage: I.N. 2009]. Die zerschnittene Projektionsfläche mit ihren Fenstern ins Finstere (linke Bildhälfte) wird von einem breiten Newtonspektrum (Abb. 3) beleuchtet (rechte Bildhälfte). Da das Newtonspektrum an den beiden Längsseiten schwarz eingerahmt ist, sieht die Schablone nur in der Mitte bunt aus; hier zeigt sie in jeder Zeile diejenigen Teile des Newtonspektrums, die sich nicht im Zwielicht des dahinterliegenden Raumes verlieren. Was man also sieht, könnte als sechsfache Fragmentierung des Newtonspektrums bezeichnet werden.



**Abb. 14** Nussbauers siebenfache Farbsynthese [Gegenüberstellung I.N. 2009]. Wer auf die zerschnittene sowie rot, grün und blau beleuchtete Projektionsfläche (rechte Bildhälfte) durchs Prisma schaut, sieht alle sechs bunten Hauptfarben (links). Oben: Rot, Gelb, Grün – unten: Türkis, Purpur, Blau. In der mittleren Zeile findet die Weißsynthese statt.

Die nächsten Experimente Ingo Nussbauers, die ich ästhetisch kommentieren möchte, bringen Kontrapunkte zu den bislang betrachteten Experimenten. Bevor wir uns dem zuwenden, muss ich im kommenden Abschnitt ein paar Worte über Kontrapunkte verlieren.

## XII Kunterbunte Kontrapunkte

Ich habe das Rechteck auf der Projektionsfläche immer *kunterbunt* genannt, weil es erstens sehr bunt und zweitens ein bisschen chaotisch aussieht (wegen der verschwimmenden Grenzen zwischen seinen drei Farbzonen). Kunterbunt ist ein schönes altes Wort, das die Leute zu hören meinten, wenn die kulturelle Elite von Kontrapunkt redete. Wer einen Kontrapunkt zu einer Melodie setzt, plaziert eine weitere Melodie gegen den Verlauf der ersten; oft werden dabei die rhythmischen Lücken der ersten Melodie durch Töne aus der zweiten Melodie gefüllt. Und fürs ungeschulte Ohr klingen übereinandergelagerte Kontrapunkte kunterbunt, ein bisschen durcheinander. Es kostet Übung zu hören, welche Töne hier zusammengehören und welche konträr marschieren.

Gibt es Kontrapunkte außerhalb der Musik? Das kommt darauf an, wie weit man den Begriff zu strapazieren, also zu banalisieren bereit ist. Eine recht banale Form von Kontrapunkt könnte man in der zerschnittenen Projektionsfläche dingfest machen; in diesem Sinne bietet z. B. die dritte Zeile der Projektionsfläche den Kontrapunkt zur sechsten Zeile. Denn in der dritten Zeile klaffen genau dort Lücken, wo in der sechsten Zeile keine Lücken klaffen (und umgekehrt); eine Art kombinatorischer Kontrapunkt. Insgesamt bietet die zerschnittene Projektionsfläche drei Paare solcher Kontrapunkte. Weniger banal als das sind die Syntheseresultate dieser paarweisen Kontrapunkte. Wer erst durchs Prisma auf irgendeine Zeile der zerschnittenen Projektionsfläche blickt, danach auf deren Kontrapunkt, der sieht erst irgendeine synthetisierte Farbe, danach deren glattes Gegenteil: ihre Komplementärfarbe.

Man könnte also sagen, dass Paare komplementärer Farben sich so zueinander verhalten wie farbige Kontrapunkte. Nicht nur deshalb aber habe ich diesen Abschnitt unter die Überschrift „Kunterbunte Kontrapunkte“ gebracht. Vielmehr habe ich das deshalb getan, weil im Farbenkosmos noch umfassendere und weit faszinierendere Kontrapunkte auf uns warten. Sie haben ihren ersten Auftritt in der nächsten (und zugleich letzten) experimentellen Serie Ingo Nussbauers, die ich ästhetisch kommentieren möchte. Genauer gesagt, bietet die nächste Serie einen exakten Kontrapunkt der Serie, die ich in den letzten Abschnitten durchdekliniert habe. (Jedenfalls bietet sie deren farbliches Komplement.)

## XIII Ein banaler Kontrapunkt zur Weißsynthese

Um Sie an die neuen Experimente heranzuführen, möchte ich Sie noch zu einem letzten Blick aufs bisherige Experiment verleiten. Ich habe darin eben drei Paare von Kontrapunkten dingfest gemacht:

- |   |                      |
|---|----------------------|
| 1 | Rot = Rot            |
| 5 | Türkis = Grün + Blau |
| 2 | Gelb = Rot + Grün    |
| 7 | Blau = Blau          |
| 3 | Grün = Grün          |
| 6 | Purpur = Rot + Blau  |

Das Experiment hat aber sieben Zeilen, genau eine Zeile musste also ohne Kontrapunkt auskommen, die Zeile der Weißsynthese. Auf der Projektionsfläche ist das diejenige Zeile, in der überhaupt *nichts* weggeschnitten wurde. Was wäre deren kombinatorischer Kontrapunkt? Einfach: eine Zeile, in der die *gesamte* Projektionsfläche fehlt – sozusagen ein restlos aufgesperrtes Fenster in die Finsternis.

Und was wäre die prismatische Synthese dieses Fensters in die Finsternis? Wieder ist die Antwort einfach: Von nichts kommt nichts; wer also durchs Prisma irgendwohin schaut, woher überhaupt kein Licht zurückkommt, der sieht Schwarz – einen Kontra-

punkt dessen, was bei der Weißsynthese herauskommt. Hätte Ingo Nussbaumer also in seinem Experiment, das ich lang und breit besprochen habe, noch eine achte Zeile vorsehen sollen, für den Kontrapunkt zur Weißsynthese? Nein, und zwar deshalb nicht, weil diese achte Zeile nur zu einer trivialen „Synthese“ der Schwärze führt; von nichts kommt nichts, wie gesagt. Es ist fast schon schlechter Stil, ein gar nicht stattfindendes optisches Ereignis hochtrabend als Synthese zu titulieren. Doch es gibt eine weitere, viel faszinierendere und alles andere als triviale Schwarzsynthese, und erst sie kann mit vollem Recht den Titel *Kontrapunkt der Weißsynthese* für sich reklamieren, ein Meisterstück der Experimentierkunst. Bevor ich Ihnen diesen meisterhaften Kontrapunkt schmackhaft machen kann (Abschnitt XV), erwartet Sie eine Überraschung: die Schwarzanalyse.

## XIV Goethes Überraschungscoup: Schwarzanalyse

Genau wie im Fall des ersten Experiments (Weißanalyse) der alten Serie bietet das erste Experiment der neuen Serie eine Analyse, keine Synthese. Es geht aus seinem Vorläufer durch eine einzige Änderung hervor. Ingo Nussbaumer nimmt das bisherige Dia aus dem Projektor heraus und ersetzt es durch dessen (kombinatorischen) Kontrapunkt. Bislang steckten im Diarahmen zwei undurchsichtige Rechtecke, die fast das ganze Diafeld ausfüllten und einander in der Mitte des Diarahmens beinahe berührten, also einen schmalen senkrechten Spalt freiließen. Um den kombinatorischen Kontrapunkt dieser Konstellation zu bilden, klemmt Ingo Nussbaumer einen undurchsichtigen schmalen senkrechten *Steg* in den neuen Diarahmen genau da ein, wo im alten Diarahmen die Lücke klaffte; den Rest des Diarahmens lässt er frei. Wer dies Steg-Dia projiziert, ohne das Projektionslicht durch irgendwelche Prismen abzulenken, sieht auf der Projektionsfläche einen schmalen schwarzen Balken vor weißem Hintergrund.

Jetzt folgt Ingo Nussbaumer einem Wink Goethes und schiebt wieder das Wasserprisma in den Weg der Projektion.<sup>10</sup> Das ehemals schmale Bild springt dadurch abermals nach rechts und verbreitet sich erneut. Zudem färbt es sich wieder kunterbunt, doch in was für Farben! Links ist das entstehende Rechteck türkis, in der Mitte purpurn, rechts gelb – mit fließenden Übergängen, wie gehabt. Siehe Abb. 15. Vergleichen wir die Farbenreihe aus dem ursprünglichen Experiment (der Weißanalyse, Abb. 3):

- Rot, Grün, Blau (mit fließenden Übergängen; in schwarzer Umgebung)
- mit der Farbenreihe aus dem neuen Experiment (Abb. 15):
- Türkis, Purpur, Gelb (mit fließenden Übergängen; in weißer Umgebung).

Beide Farbenreihen sind gleichermaßen kunterbunt; sie zeigen dieselbe Farbvielfalt, dieselben verschwommenen Grenzen an den Farbübergängen und exakt dieselbe Geometrie – jedenfalls dann, wenn Diaprojektor, Wasserprisma und Projektionsfläche in beiden Experimenten genau gleich angeordnet sind und wenn das neue Steg-Dia den geometrisch exakten Kontrapunkt des alten Spalt-Dias bildet, siehe Abb. 16. Der einzige Unterschied zwischen den beiden Farbenreihen liegt im Farbeindruck, den sie bieten: Die zweite Farbenreihe ist das exakte Komplement der ersten (einschließlich der verschwimmenden Grenzen und der jeweiligen Hintergrundfarben).

Diese Effekte wirken schön, vor allem für den Zuschauer mit den nötigen Hintergrundkenntnissen; er weiß den Zusammenhang mit dem ursprünglichen Experiment zu überblicken, das durchs neue Experiment geradezu umgedreht wird. Hier bietet sich dem geistigen Auge eine neue Form der Symmetrie. Anders als vorhin handelt es sich diesmal nicht um eine *zeitliche* Symmetrie (wie bei Weißanalyse *versus* Weißsynthese bzw. wie bei Bachs Krebskanon, den man vorwärts genauso wie rückwärts spielen kann). Nein, jetzt haben wir eine Symmetrie des *Farbtons*, also sozusagen im angeordneten Wahrnehmungsmaterial. Auch derartige Symmetrien kennen wir aus der Musik. So wie in den Spiegelfugen Bachs aus der *Kunst der Fuge* die Tonhöhe an einer horizontalen Achse gespiegelt wird, wobei sich z. B. ein Quintsprung nach oben (aus der ersten Spiegelfuge BWV 1080/12<sub>1</sub>) per Spiegelung in einen Quintsprung *nach unten* (für die zweite Spiegelfuge BWV 1080/12<sub>2</sub>) verwandelt, so verwandelt sich jetzt jeder Farbwert aus der

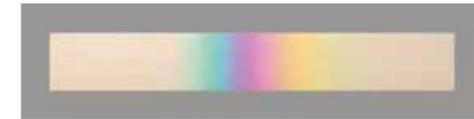


Abb. 15 Das umgekehrte Newton-Spektrum [I.N. 2009]. Links Türkis, in der Mitte Purpur, rechts Gelb – mit fließenden Übergängen. (Komplementärfarben des Newton-Spektrums aus Abb. 3).

<sup>10</sup> Siehe z. B. Goethe [EF], §331.

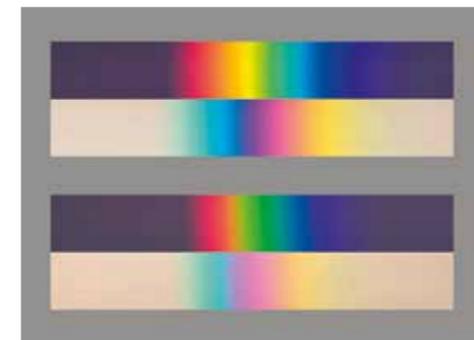
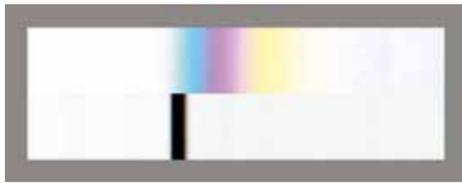


Abb. 16 Zwei newtonische Spektren mit ihrem jeweiligen Kontrapunkt [I.N. 2009]. Oben sieht man ein Newtonsches Spektrum, das sich bei vergleichsweise weit geöffnetem Spalt zeigt, genau darunter dessen komplementäres Gegenstück bei genau gleich breitem Steg. Das Spektrenpaar darunter entsteht bei schmalerem Spalt bzw. Steg.



**Abb. 17** Nussbauers Schwarzsynthese [I.N. 2009]. Oben zeigt die Abbildung ein Photo des Komplementärspektrums. Unten zeigt sie das Bild, das die Kamera liefert, wenn man dies Spektrum durchs analysierende Prisma hindurch fotografiert – alle Farben des Komplementärspektrums werden wieder zusammengezogen und mischen sich zu Schwarz.

ursprünglichen Farbenreihe in dessen Komplementärfarbe. Und da diese Umkehrung die *gesamte* Farbenreihe erfasst, also auch jeden verschwimmenden Übergang zwischen ihren Hauptfarben Rot-Grün-Blau, haben wir jetzt, mit dem neuen Experiment, eine weiter ausgreifende Kontrapunktik des Farbkosmos vor uns als bislang. Denn die drei Paare farbiger Kontrapunkte aus Abschnitt XIII hatten nur mit den diskreten und synthetisierten Hauptfarben zu tun, nicht mit irgendwelchen Übergängen. Das neue Experiment erweitert also das Motiv farbiger Kontrapunkte vom diskreten Reich hin zum kontinuierlichen Reich der Farben. Schon das ist überraschend genug und schön. Aber es kommt noch besser. Die farblichen Symmetrien, die bislang nur durch komplementäre Umkehrung der Weißanalyse zutagegetreten sind, *lassen sich bei allen newtonischen Experimenten dingfest machen*.

Ich selber hatte mir diese waghalsige Behauptung in diversen Vorträgen auf die Fahnen geschrieben, bevor ich Ingo Nussbauers Arbeiten kennengelernt habe. Insbesondere hatte ich prognostiziert, dass sich zur Weißsynthese – aus den Farben Rot, Grün und Blau mit Zwischentönen – ein exakt komplementäres Gegenstück finden lassen müsse, eine Schwarzsynthese aus den Farben Türkis, Purpur und Gelb mit Zwischentönen.

### XV Meisterstück Schwarzsynthese

Empirische Prognosen sind riskant, besonders dann, wenn sie nur aus der Denkwerkstatt des Naturphilosophen herkommen. Ich bin damals das Risiko eingegangen, weil ich mir dachte: Die *farbliche* Symmetrie zwischen Weißanalyse und Schwarzanalyse (die seit Goethe bekannt ist) schreit geradezu nach einer Verknüpfung mit der *zeitlichen* Symmetrie zwischen Weißanalyse und Weißsynthese. Tragen wir beide Symmetrien senkrecht zueinander in folgendes Schema ein:

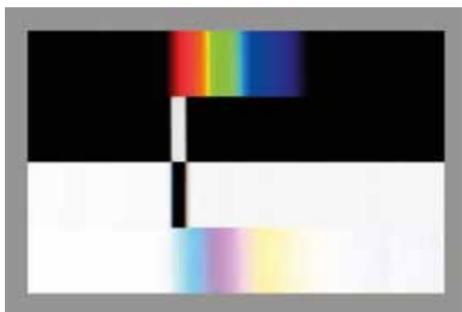
	↓ Achse der Farbsymmetrie	
Achse zeitlicher Symmetrie →	Weißanalyse	Schwarzanalyse
	Weißsynthese	?

Dann verlangt unser Sinn für symmetrische Schönheit, dass das offene Feld im Schema gefüllt wird. Wodurch? Durch die Schwarzsynthese!

Und diese Schwarzsynthese müsste sich zur Schwarzanalyse genauso verhalten wie die Weißsynthese zur Weißanalyse – das jedenfalls war meine damalige Prognose.<sup>11</sup>

Wer darauf baut, dass die Schönheit eines naturwissenschaftlichen Gedankens für seine Glaubwürdigkeit spricht, der wird meine Prognose weniger gewagt finden als der, den die Ästhetik naturwissenschaftlicher Symmetrien erkenntnistheoretisch kalt lässt. Natürlich beweist die bloße Schönheit einer Prognose noch lange nicht deren Wahrheit; den Nachweis muss das Experiment bringen. Aber deswegen wird die Schönheit der Prognose nicht wertlos. Im Gegenteil, sie macht es z. B. rational, Arbeitszeit und empirische Ressourcen auf die Wahrheit der Prognose zu setzen. Im Falle meiner Prognose war das gar nicht mehr nötig, denn Ingo Nussbaumer hatte die empirische Arbeit längst erledigt, und die prognostizierte Schwarzsynthese in die Tat umgesetzt. Als ich davon erfuhr, atmete ich auf, ich war der Gefahr der empirischen Patzerei entronnen.

Ahnen Sie, wie es funktioniert? Genauso einfach wie bei der Weißsynthese. Ingo Nussbaumer blickt durchs Prisma auf das projizierte Komplementärspektrum und sieht dessen Synthese (Abb. 17): einen schwarzen Balken vor weißem Hintergrund, genauso sauber und scharf wie bei der Weißsynthese (Abb. 18). Für sich allein zeigt die Schwarzsynthese alle Facetten von Schönheit, die ich vorhin der Weißsynthese zugesprochen habe (Abschnitt VIII). Aber durch die perfekte farbliche Symmetrie zwischen beiden Experimenten ist noch mehr Schönheit in die Welt gekommen, denn jetzt erst ist das doppelt symmetrische Schema vollständig. Auch diese doppelte Symmetrie hat ein Gegenstück in der Musik. Denn die Zwölftonreihen eines Schönberg werden einerseits durch Inversion der Zeitrichtung variiert (als Krebs, wie in Bachs Krebskanon), andererseits durch Vertauschung der Tonhöhen (als Umkehrung, wie in Bachs Spiegelfugen). Zudem dürfen nach den Regeln der Zwölftonmusik beide Symmetrievierungen gleichzeitig vorge-



**Abb. 18** Nussbauers Weiß- und Schwarzsynthese in der Zusammenschau [I.N. 2009]. Oben zeigt die Abbildung ein Photo des Newtonspektrums (und direkt darunter das daraus zurückgewonnene Weiß); unten zeigt sie ein Photo des Komplementärspektrums (und direkt darüber das daraus zurückgewonnene Schwarz).

nommen werden (als Krebsumkehr). Ein Beispiel für diese doppelte Symmetrisierung bietet Schönbergs Präludium der Suite für Klavier op. 25. Da jedes Variationsprodukt der ursprünglichen Reihe nicht mit dessen erstem Ton anfangen muss, sondern von jedem beliebigen Anfang starten darf, hat der Zwölftonmusiker hier mehr als vier kompositorische Freiheitsspielräume. Dieser Gewinn an Freiheit geht allerdings auf Kosten strenger zeitlicher Symmetrie. Nur wer sich die Zwölftonreihe zyklisch in einer ewig wiederkehrenden Zeit vorzustellen vermag, wird meinen, dass in der – so befreiten – Zwölftonmusik echte zeitliche Symmetrien zu hören wären. Doch davon kann keine Rede sein, denn wie es steht, verläuft unsere Zeit nicht im Kreis. Die zeitlichen Symmetrien werden also nur in Fragmenten geboten. Dass dies andere musikalische Vorteile mit sich bringt, etwa harmonische Vorteile, will ich nicht bestreiten.

### XVI Siebenfacher Kontrapunkt

Wie weit reichen die Symmetrien im Farbenkosmos, die wir zuerst anhand des Verhältnisses von Weiß- und Schwarzanalyse ästhetisch gewürdigt haben und eben noch einmal anhand des Verhältnisses von Weiß- und Schwarzsynthese? Die Antwort verdanken wir Ingo Nussbaumer: allüberall kunterbunte Kontrapunkte! Das Experiment zur siebenfachen Farbsynthese (Abschnitt XI) hat einen siebenfachen Kontrapunkt.

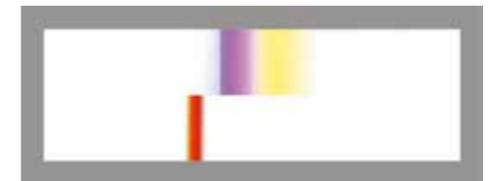
Um das zu belegen, braucht Ingo Nussbaumer nur einen einzigen optischen Schalter umzulegen. Es sollen Teile des komplementären Spektrums *auf komplementäre Weise* ausgeschnitten werden – also nicht vor dunklem Hintergrund (wie vorhin), sondern vor weißem Hintergrund. Uns interessiert z. B. das Syntheseprodukt des gelben und purpurnen Teils aus dem komplementären Spektrum, also die Synthese dessen, was sich ergibt, wenn wir anstelle seines türkisfarbenen Feldes (ganz links in Abb. 15) ein *weißes* Feld setzen (siehe Abb. 19, oben links).

Wie ist das zu bewerkstelligen? Einfach: Die Lücken in der zerschnittenen Projektionsfläche dürfen nicht länger Fenster zur *Finsternis* auf tun, sie müssen Fenster zur *Helligkeit* werden, zum weißen Licht. Ohne Metapher: Ingo Nussbaumer verschließt die Lücken in der zerschnittenen Projektionsfläche mit einem weißen Transparentschild, den er von hinten mit dem Licht eines zweiten Projektors beleuchtet. Dadurch stößt er Fenster zur Helligkeit auf. Solange der erste (ursprüngliche) Diaprojektor ausgeschaltet bleibt, sehen die Zeilen der neu hergerichteten Projektionsfläche wie kombinatorische Kontrapunkte der Zeilen des ursprünglichen Schnittmusters aus. Wo man vorher Weiß sah, sieht man jetzt Dunkles – und umgekehrt.

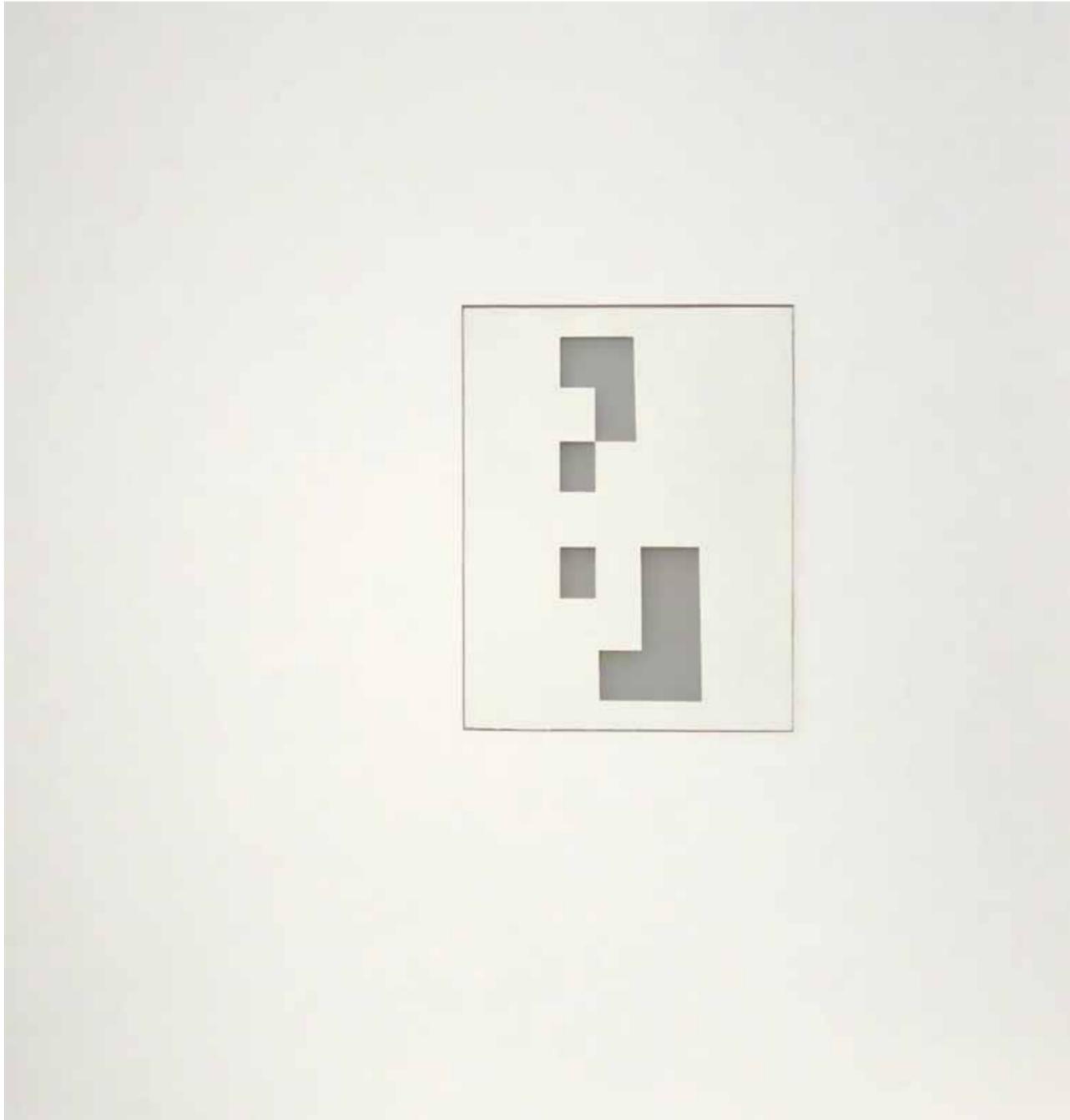
Nun schiebt Ingo Nussbaumer das neue Steg-Dia in den ersten Projektor. In der unzerschnittenen vierten Zeile zeigt sich das komplette Komplementärspektrum, das wir schon kennen; in den anderen Zeilen die jeweiligen Kombinationen eines oder zweier Felder aus diesem Spektrum. Die jeweils fehlenden Felder sehen immer noch weiß aus. Denn das starke weiße Licht, das den Transparentschild im Schnittmuster der Projektionsfläche von hinten anstrahlt, überblendet die jeweils ausgeschnittenen Teile des komplementären Farbenspektrums, verschlingt sie sozusagen in gleißender Helligkeit. Damit hat Ingo Nussbaumer auf der Projektionsfläche einen siebenfachen Kontrapunkt zum kunterbunten Muster seines früheren siebenfachen Experiments gesetzt. (Allerdings kopfüber, siehe Abb. 20 im kontrapunktischen Vergleich mit Abb. 12. Wer die kunterbunt beleuchteten Projektionsflächen miteinander vergleichen will, sollte die Abb. 21 und ihr Gegenstück Abb. 13 in den Blick nehmen. Alle diese vier Bilder zeigt die Zusammenschau in Abb. 23, linke und mittlere Spalte).



**Abb. 15** Das umgekehrte Newtonspektrum [I.N. 2009].



**Abb. 19** Nussbauers Rotsynthese [I.N. 2009]. Oben zeigt die Abbildung ein Photo des Komplementärspektrums, aus dem der linke türkisfarbene Teil (durch Überblendung) beseitigt wurde. Unten zeigt sie das Bild, das die Kamera liefert, wenn man dies fragmentierte Spektrum (ohne Türkis) durchs analysierende Prisma hindurch fotografiert. Purpur und Gelb aus dem Komplementärspektrum (also all seine Farben außer Türkis) werden wieder zusammengezogen und mischen sich zu Rot.



**Abb.20** Nussbauers Kontrapunkt (kopfüber) zum ursprünglichen Schnittmuster [Photo: I.N. 2009]. Die ehemaligen Fenster zur Finsternis (Abb. 12) werden mit einem Transparenzschirm verklebt (und später von hinten hell beleuchtet). Eine

Komplikation muss erwähnt werden: Wer diese Abbildung mit Abb. 12 vergleicht, dem wird auffallen, dass Ingo Nussbaumer auch noch die Reihenfolge der Kombinationen genau umgedreht hat, sozusagen kopfüber. Was in Abb. 12 z.B. in der zweiten Zeile

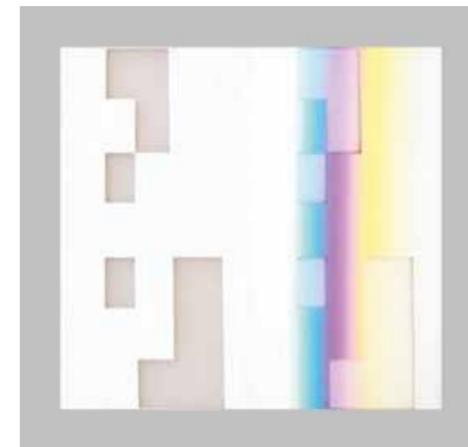
ein Fenster zum Finstern (ockerfarben) war, wird jetzt in der zweitletzten Zeile zum Fenster in die Helligkeit (gräulich) – und genauso bei der ersten bzw. letzten Zeile usw.

Zeit für die neue Farbsynthese; Ingo Nussbaumer stellt sich wieder ans Wasserprisma und schaut hindurch, in Richtung des projizierten Steg-Dias. Die Schwarzsynthese in der vierten Zeile bietet nach dem vorigen Experiment keine Überraschung, aber die Synthesen in den anderen sechs Zeilen sind umso faszinierender (siehe Abb.22):

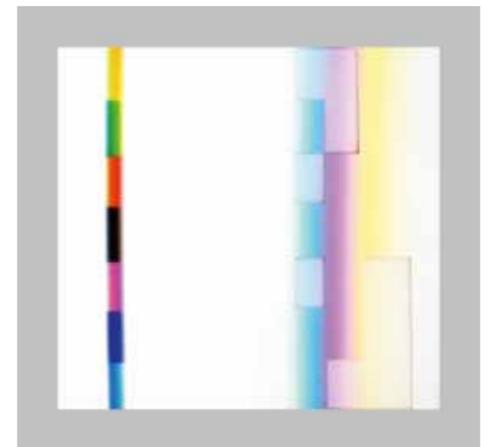
Zeile	ursprüngliche Serie	dazu komplementäre Serie	Zeile
1	Rot = Rot	Türkis = Türkis	7
2	Gelb = Rot + Grün	Blau = Türkis + Purpur	6
3	Grün = Grün	Purpur = Purpur	5
4	Weiß = Rot + Grün + Blau	Schwarz = Türkis + Purpur + Gelb	4
5	Türkis = Grün + Blau	Rot = Purpur + Gelb	3
6	Purpur = Rot + Blau	Grün = Türkis + Gelb	2
7	Blau = Blau	Gelb = Gelb	1

(Da Ingo Nussbaumer beim Kontrapunkt auch noch die Reihenfolge der Kombinationen genau umgekehrt hat, habe ich die Zeilen der komplementären Serie kopfüber nummeriert).

Um es kurz zu machen: Alle Farbsynthesen gehen bis ins letzte Detail so auf, wie es unser Sinn für Symmetrie ersehnt und vorhergesehen hat. Rot z.B. erweist sich (vor weißem Hintergrund) als Mischung aus Gelb und Purpur (Abb. 22, dritte Zeile) – genauso wie sich vorhin (vor schwarzem Hintergrund) Türkis als Mischung aus Blau und Grün erwies.



**Abb.21** Nussbauers neues Schnittmuster in komplementärer Beleuchtung [Montage I.N. 2009]. Linker Teil der Abbildung: Die neu zugerichtete Projektionsfläche (Abb. 20) wird mit einem breiten Komplementärspektrum (Abb. 15) von vorn gefärbt und zugleich mit gleichstarkem weißen Licht von hinten beleuchtet (rechter Teil der Abbildung). Dadurch werden Teile des Spektrums überblendet, also invers ausgeschnitten. Dies ist das Ausgangsbild für die komplementäre siebenfache Farbsynthese.



**Abb.22** Nussbauers Kontrapunkt zur ursprünglichen siebenfachen Farbsynthese [I.N. 2009]. Wer auf die komplementär beleuchtete Projektionsfläche mit ihren Fenstern zur Helligkeit (rechte Bildhälfte) durchs Prisma schaut, sieht wieder alle sechs bunten Hauptfarben, nur in anderer Reihenfolge. Oben: Gelb, Grün, Rot – unten: Purpur, Blau, Türkis. In der mittleren Zeile findet die Schwarzsynthese statt. Wer in diesem Bild oben und unten vertauscht, bekommt das exakte Komplement zu Abb. 14.

## XVII Umfassende Symmetrie

Das neue Experiment ist für sich genommen so ästhetisch wie dessen Gegenstück, farbliche Sauberkeit und geometrische Schärfe erfreuen erneut unseren Sinn für Schönheit, und abermals fasziniert uns das Wechselspiel zwischen kunterbunter Kontinierlichkeit auf der Projektionsfläche und diskreter Ordnung in der prismatischen Synthese.

Doch etwas anderes spricht unseren Schönheitssinn weit stärker an, als bei getrennter Würdigung der beiden siebenfachen Synthesen herauskommen kann. Die perfekte farbliche Symmetrie zwischen den beiden Experimenten erfreut unsere zwei Augen und dazu unser geistiges Auge, unseren Ordnungssinn. Hier zeigt sich zusätzliche Schönheit auf einer höheren Stufe, die aus der symmetrischen Beziehung zweier für sich schon schöner Ordnungen erwächst.<sup>12</sup> (Auf derselben höheren Stufe entsteht in Bachs *Kunst der Fuge* dort zusätzliche Schönheit, wo die in sich schöne Fuge BWV 1080/12<sub>1</sub> ihrem Spiegelbild BWV 1080/12<sub>2</sub> gegenübergestellt wird).

In den zwei Experimenten sind jeweils sieben kombinatorische Synthesen übereinander geordnet, Zeile für Zeile, in einer Dimension. Die Reihenfolge der Zeilen ist, wie wir gesehen haben, willkürlich. Natürlich tritt die Symmetrie nur dann klar zutage, wenn die Reihenfolgen der Zeilen beider Experimente zueinander passen. (Wie angedeutet, ist dies bei Ingo Nussbaumer insofern der Fall, als die eine Reihenfolge durch Umkehrung der anderen Reihenfolge entsteht, kopfüber sozusagen, siehe Abb. 23).

Um die betörende Ordnung der Versuchsergebnisse noch übersichtlicher zusammenzubringen, hat sie Ingo Nussbaumer in zwei zweidimensionalen Diagrammen dargestellt, siehe Abb. 24. Diese – übrigens hoch ästhetische – Darstellung bietet einen ersten Systematisierungsschritt; die Phänomene werden sortiert, mithilfe mathematischer Werkzeuge. Die Diagramme spiegeln bestimmte empirische Gesetzmäßigkeiten wider und deren Symmetrien; doch worauf das alles beruht, sagen sie nicht. Sie bieten keine theoretische Erklärung – keine Theorie. Bei Ingo Nussbaumer ist die theoretische Enthaltsamkeit Programm. Er versteht sich als Künstler, der den Farbphänomenen selber in ihrer sinnlichen Gesetzmäßigkeit auf die Schliche kommen will, nicht deren theoretisch postulierten Ursachen.<sup>13</sup>

Dass die entdeckten Gesetzmäßigkeiten nicht nur farblich schön aussehen, sondern strukturell hoch elegant sind, nämlich in mehreren Achsen symmetrisch, ist eine rätselhafte Tatsache. Woher, zum Teufel, kommt diese Schönheit?<sup>14</sup>

### Bibliographie

- Desaguliers, J.T.** [AoSE]: „An account of some experiments of light and colours, formerly made by Sir Isaac Newton, and mention'd in his Opticks, lately repeated before the Royal Society by J. T. Desaguliers, F. R. S.“ *Philosophical Transactions* (1683 – 1775), Bd. 29 (1714 – 1716), S. 433 – 447.
- Dirac, Paul** [ToT]: „The test of time“. *The Unesco Courier*, Jahrgang 32 (Mai 1979), S. 17 – 23.
- Dorn, Friedrich/Bader, Franz** [PM]: *Physik Mittelstufe*. (Hannover: Schroedel, 1974).
- Glasauer, Stefan/Steinbrenner, Jakob** (Hg.) [F]: *Farben*. (Frankfurt/M.: Suhrkamp, 2007).
- Goethe, Johann Wolfgang von** [EF]: *Entwurf einer Farbenlehre. Des ersten Bandes erster, didaktischer Teil*. In: Goethe [SzN] I.4: 11 – 266. (= LA I 4, S. 11 – 266).
- Goethe, Johann Wolfgang von** [SzN] I.4: *Die Schriften zur Naturwissenschaft. Erste Abteilung, Band 4. Zur Farbenlehre: Widmung, Vorwort und didaktischer Teil*. (Bearbeitet von Rupprecht Matthaei. Weimar: Hermann Böhlhaus Nachfolger, 1955). (= LA I 4).
- Heine, Heinrich** [BL]: *Buch der Lieder*. (Berlin: Deutsche Bibliothek, 1912).
- Heisenberg, Werner** [BSiE]: „Die Bedeutung des Schönen in der exakten Naturwissenschaft“. In: Heisenberg [SüG]: 288 – 305. [Vortrag aus dem Jahr 1970. Erschien auf Deutsch und Englisch 1971].
- Heisenberg, Werner** [SüG]: *Schritte über Grenzen. Gesammelte Reden und Aufsätze*. (München: Piper, 1971).
- Heisenberg, Werner** [TG]: *Der Teil und das Ganze. Gespräche im Umkreis der Atomphysik*. (München: Deutscher Taschenbuchverlag, 6. Auflage 1981).

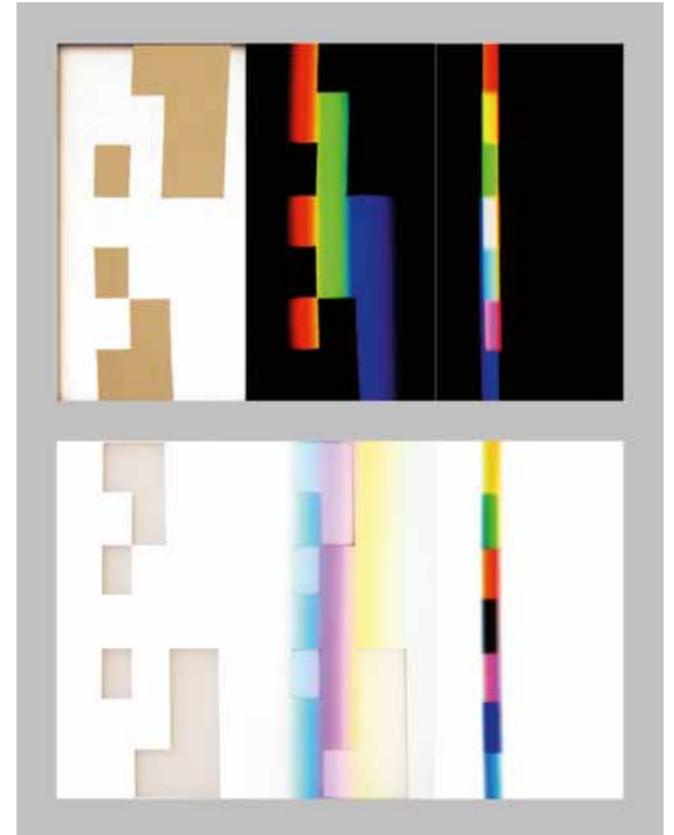
- Lohne, Johannes A.** [IN]: „Isaac Newton: The rise of a scientist 1661 – 1671“. *Notes and records of the Royal Society of London* 20 (1965), S. 125 – 139.
- Müller, Olaf** [GPuB]: „Goethes philosophisches Unbehagen beim Blick durchs Prisma“. In: Glasauer, Steinbrenner (Hg.) [F]: 64 – 101.
- Müller, Olaf** [NFdI]: „Die Neuermessung der Farbenwelt durch Ingo Nussbaumer. Eine kleine Sensation“. In: Nussbaumer [zF]: 11 – 20.
- Newman, Barnett** [Si]: *Schriften und Interviews*. 1925 – 1970. (Aus dem Amerikanischen von Tarcisius Schelbert; Bern: Gachnang und Springer, 1996).
- Newman, Barnett** [SiN]: „The sublime is now – Das Sublime ist jetzt“. In: Newman [Si]: 176 – 179.
- Newton, Isaac** [NTaL]: „A new theory about light and colors“. *Philosophical Transactions* 80 (19. Februar, 1672), S. 3075 – 3087.
- Nussbaumer, Ingo** [zF]: *Zur Farbenlehre. Entdeckung der unordentlichen Spektren*. (Wien: Edition Splitter, 2008).
- Weinberg, Steven** [TtEU]: *Der Traum von der Einheit des Universums*. (Aus dem Amerikanischen von Friedrich Griese; München: Bertelsmann, 1993).
- Wittgenstein, Ludwig** [VGüÄ]: *Vorlesungen und Gespräche über Ästhetik, Psychoanalyse und religiösen Glauben*. (Yorick Smythies/Rush Rhees/James Taylor (Hg.); aus dem Englischen von Ralf Funke; Stuttgart: Fischer, 3. Auflage 2004).
- Wittgenstein, Ludwig** [VüÄ]: „Vorlesungen über Ästhetik“. In: Wittgenstein [VGüÄ].

<sup>12</sup> Dass diese Schönheit nur die Doppelspitze eines noch weit schöneren – hochsymmetrischen und kunterbunten – Eisbergs bietet, hat Nussbaumer mithilfe einer faszinierenden Reihe von Experimenten vorgeführt, die ich hier nur kurz erwähnen kann: Wenn man anstelle der schwarz/weiß kontrastierten Ausgangsbilder (die wir bislang in den Experimenten eingesetzt haben) mit bunten Farbkontrasten anfängt, und zwar mit Kontrasten aus jeweils zwei Komplementärfarben, dann zeigen sich insgesamt sechs weitere Farbspektren, an denen sich genau dieselben Symmetrien demonstrieren lassen, die ich hier erörtert habe. Ingo Nussbaumer nennt diese Spektren ohne abwertenden Unterton „unordentliche Spektren“, siehe Nussbaumer [zF]: 200 – 206 *et passim*. Diese Spektren wird er im September 2010 an der Humboldt-Universität zu Berlin in einer Lichtinstallation namens *Working Shade – Formed Light (A Serial Color Project)* zeigen. Einen kurzen Überblick gebe ich in O.M. [NFdI], Abschnitt V.

<sup>13</sup> Siehe – in Anlehnung an Goethe – Nussbaumer [zF]: 25 – 28. Ingo Nussbaumer plädiert dafür, anstelle theoretischer Terme „deutungs-offene“ Terme einzusetzen; siehe Nussbaumer [zF]: 197, 206.

<sup>14</sup> Dies ist die stark gekürzte Fassung einer wissenschaftsphilosophischen Fallstudie, die voraussichtlich unter der Überschrift „Kunterbunte Kontrapunkte“ erscheinen wird. Ich danke Sophie De Beukelaer, Astrid Schomäcker und Saad Nasir für diverse Ratschläge zur Musik; Matthias Herder danke ich für Mitarbeit bei den Abbildungen; Ingo Nussbaumer für seine unermüdete Bebilderungsenergie und tausend erhellende Auskünfte; Dank an Matthias Rang, Hannah Riniker, Janila Ruck und Astrid Schomäcker für Kommentare zu einer früheren Fassung dieses Textes; Dank an Ingo Nussbaumer für Kommentare zu gut zwei Dutzend früherer Fassungen.

**Abb. 23** Vergleich der beiden siebenfachen Farbsynthesen [Gegenüberstellung I.N. 2009]. Links jeweils die beiden Schablonen; in der Mitte die fragmentierten Spektren als Ausgangsbilder (wie sie sich auf den Schablonen bei spektraler Beleuchtung ergeben); ganz rechts die jeweils sieben Synthesen.



**Abb. 24** Zwei siebenfache Farbsynthesen [Graphik: Ingo Nussbaumer [zF]: 133]. Links die Synthesen aus dem ursprünglichen Experiment (Abb. 23 oben), rechts deren Kontrapunkt (Abb. 23 unten). Die beiden Diagramme sind aus einem anderen Zusammenhang bekannt: Links sog. additive, rechts sog. subtraktive Farbmischung.

