

«Graue Suppe»?

Zur Äquivalenz von Graustufen

I. Einwärts: «Grau hat kein Bild, ist ein scheues Veilchen...»¹

Im «Überschwang des Visuellen» finden Graustufen zu einer ganz eigenen ästhetischen Anmutung. Neben mehrdimensionalen, modellierten, simulierten, animierten und farbenprächtigen Visualisierungen in Wissenschaft und Populärkultur sind Graustufen jedoch Grauzonen, Randgebiete der Reflexion.² Farbgebung wird als essentiell für Wissensproduktion und -distribution³ wie auch für populäre Medien⁴ erachtet, und so ist es Buntheit, die auf Interesse stößt, auf solch visuell-langweilige und scheinbar «neutrale» Erscheinungen wie Graustufen und deren epistemologischen Stellenwert wird wenig Wert gelegt.⁵ Wider bunte Bilder sticht Grau in trüber Monochromatik weniger ins Auge und bezeichnet alltagssprachlich-metaphorisch kaum Positives. Grau ist neutral, weder mit einem bestimmten Farbton noch durch eine bestimmte Sättigung ausgezeichnet – unbunt eben.⁶ «Grau hat kein Bild, ist ein scheues Veilchen, schüchtern und unschlüssig, beinahe unbemerkt in den Schatten

1 Derek Jarman: *Chroma. Ein Buch der Farben*. Berlin 1995, S. 69.

2 Jarman beobachtet hingegen, dass sehr wenige KunstkritikerInnen die Farbigkeit der Malerei erörtern würden. «Lyrisch werden Kritiker dagegen bei Mantegnas *Grisailles*, mit großer Autorität berichten sie uns, dass diese Gemälde grau sind. *The Introduction of the Cult of Cybele to Rome* in der National Gallery, 1506 für Francesco Cornaro gemalt, verschafft ihnen achromatische Orgasmen.», S. 70. Zur Anmutung von Parmigianis *Delocazione* als immense «Grau-in-Grau Malerei» und der «heimlichen Verwandtschaft» dieses Graus mit dem Giacomettis, vgl. Georges Didi-Huberman: *Die Farbe des Nicht-Ortes*. In: Elisabeth von Samsonow, Eric Alliez (Hg.): *Chroma Drama. Widerstand der Farbe*. Wien 2001. S. 123–140.

3 Zu Funktionen der Farbe als Mittel der Sinn- und Evidenzproduktion vgl. etwa Horst Bredekamp, Vera Dünkel, Matthias Bruhn, Gabriele Werner (Hg.): *Bildwelten des Wissens. Kunsthistorisches Jahrbuch für Bildkritik. Band 4.1 Farbstrategien*. Berlin 2006; Dominik Groß, Tobias Duncker (Hg.): *Farbe, Erkenntnis, Wissenschaft. Zur epistemischen Bedeutung der Farbe in der Medizin*. Münster u.a. 2006; Martina Heßler: *BilderWissen. Bild- und wissenschaftstheoretische Überlegungen*. In: Ralf Adelman, Jan Frercks, Martina Heßler, Jochen Hennig: *Datenbilder. Zur digitalen Bildpraxis in den Naturwissenschaften*. Bielefeld 2009. S. 133–161.

4 Vgl. beispielhaft zur «Farbenlehre der Filmkunst» Susanne Marschall: *Farbe im Kino*. Marburg 2005.

5 Als Ausnahme ist die für das Frühjahr 2011 angekündigte Ausgabe *Graustufen* der Zeitschrift *Bildwelten des Wissens. Kunsthistorisches Jahrbuch für Bildkritik*, Band 8.2. (Berlin 2011) zu nennen.

6 Vgl. zur Unterscheidung von Buntheit und Unbuntheit grundlegend Wilhelm Ostwald: *Einführung in die Farbenlehre*. 2. Aufl. Leipzig 1919, S. 42 sowie Manfred Richter: *Einführung in die Farbmatrik*. 2. Aufl. Berlin, New York 1981, S. 7–14.

gefangen. Man kann sich von ihm zu Schwarz oder Weiß bewegen. Neutral, schreit es seine Anwesenheit nicht heraus.»⁷ Doch Graustufen, das changierende Zwischen von reinem Schwarz und reinem Weiß⁸, sind mit sehr spezifischen epistemischen, ästhetischen, operativen und narrativen Funktionen besetzt. Sinn und Bestimmtheit erfahren sie aus den Kontexten ihrer An- und Umwendung, aus der Fähigkeit des Rezipienten Grau zu sehen und zu verstehen.

Geht es in diesem Band um Blickwechsel, um ein Dazwischen in vielfältiger Weise, so bildet auch das Graue einen «Zwischenton». In Abstufungen von Schwarz und Weiß ist es nicht ein eigenes, sondern immer mal mehr zu dem einen oder zu dem anderen gehörig. Für sich selbst ist Grau nichts, immer nur eine Zwischenstufe. Davon zeugt schon die häufige Weigerung, nicht an der Rede von Schwarz-Weiß-Bildern festzuhalten und Graustufen als solche zu benennen. Dieser Beitrag begibt sich in dieses Dazwischen, um Graustufen als Metakategorie der theoretischen Reflexion zu betrachten und deren Ästhetik, Epistemik und «Popularität» in wissenschaftlichen Bildpraxen am Beispiel der diagnostisch-radiologischen Computertomographie (CT) darzustellen. Zur Analyse des Bildgebungsprozesses sowie des bildtheoretischen Status von Graustufenvisualisierungen wird im Folgenden zunächst das Konzept des *Äquivalentbildes* eingeführt. Damit können anschließend die differenzierten Funktionen der Graustufen, ihre ästhetischen Potentiale und epistemisch-diagnostischen «Handhabungen» näher beschrieben werden.

II. Äquivalentbilder – Prozeduren der Sichtbarkeit

Der Begriff Äquivalent- oder auch Äquivalenzbild bezeichnet in der Histologie und Mikroanatomie ein spezifisches präparationstechnisches und bildtheoretisches Phänomen. Dort kommen Histotechniken wie Fixierung, Schnitt und Färbung zum Einsatz, bis letztlich unter dem Mikroskop die «gewünschte Sichtbarkeit» der Gewebeschnitte hergestellt werden kann. Dafür wird das Präparat zunächst physikalisch oder chemisch fixiert, um den Abbau des Gewebes und die nach dem Tod einsetzenden autolytischen Vorgänge zu hemmen. Nach dieser Haltbarmachung können je nach Fragestellung und Präparationstechnik unterschiedlich dicke Schnitte des Gewebes angefertigt werden. Um spezifische Zell- und Gewebebestandteile in den Schnitten mikroskopisch hervorzuheben, werden Färbetechniken angewandt, deren sichtbares Ergebnis sich aus den Gewebeeigenschaften in Reaktion mit den Eigenschaften der Farblösungen ergibt.⁹ Bei diesen Prozessen

wird das tatsächliche, naturgetreue Bild stets beeinflusst. Man erhält ein künstliches Abbild, das Äquivalentbild. Ein Äquivalentbild stellt die reproduzierbare und erfahrungsgemäß mit gesetzmäßiger Gleichheit auftretende, histologische Erscheinung

7 Jarman, S. 69.

8 Zur Grauskala Ostwald, S. 57–63.

9 Vgl. Ulrich Welsch: *Sobotta Lehrbuch Histologie. Zytologie, Histologie, mikroskopische Anatomie*. 2. Aufl. München 2006, S. 4–9.

dar (Nissl). [...] Durch die elektronenmikroskopischen Untersuchungen können Relationen zwischen den Ultrastrukturen und ihrer Darstellung im Äquivalentbild hergestellt werden. Dieses Wissen erlaubt ein zuverlässiges Arbeiten in der diagnostischen Morphologie. Das Äquivalentbild stellt sich abhängig von der Fixierung dar.¹⁰

Das Äquivalentbild zeigt also nicht etwa «die Zelle», sondern Fixierungs- und Färbelösungen, die sich an bestimmte Gewebeteile angesetzt haben. Sichtbarkeit entsteht so im (erfahrungsgemäßen) Zusammenspiel von Histotechnik und Objekt als ästhetisch-epistemischer Relation, auch wenn im oben zitierten Fachbuch von einer vermeintlichen Abbildhaftigkeit gesprochen wird. Die flächige Ansicht des Präparats unter dem Mikroskop steht sowohl mit der Räumlichkeit des Ausgangsobjekts wie auch mit dessen materiell-physiologischen Eigenschaften in Beziehung. So kann die im Schnitt wahrnehmbare Gestalt der Zelle durch mentale Reformation und Erfahrungswissen wieder verräumlicht werden. Daneben fungiert das Äquivalentbild als operativer Indikator, indem sich durch die Zusammenschau der histologischen Prozeduren und der dadurch hervortretenden Gewebestrukturen Rückschlüsse zu materiellen Eigenschaften und physiologischen Vorgängen im ehemals lebendigen Objekt ziehen lassen.

Für die Arbeit mit den Äquivalentbildern bedeutet dies, dass man «nie vergessen [sollte], dass man tote und chemisch veränderte Zellen betrachtet und dass man gedanklich die Ergebnisse vieler verschiedener Methoden zusammenbringen muss, um ein Bild der lebendigen Zelle und ihrer Dynamik zu erhalten.»¹¹ Im Äquivalentbild müssen demnach sowohl die operativen Maßnahmen, die dieses Bild erzeugt haben, wie auch die theoretischen Vornahmen und Modellierungen zu dieser Art von Sichtbarmachung immer mitgedacht und letztlich inkorporiert werden, um valide Rückschlüsse auch auf die lebendige Zelle treffen zu können.

Der Neuropathologe und Psychiater Franz Nissl (1860–1919) bemerkte Jahrzehnte vor der propagierten geisteskritischen Hinwendung zum Bild¹², dass durch histologische Techniken kein «Abbild» einer lebendigen Struktur entsteht, sondern dass sich diese Prozeduren selbst «ins Bild setzen» und so ein dem grundsätzlich nicht sichtbaren «natürlichen Zustand» gleichwertiges mikroskopisches Bild generiert wird.

Nissl ging bei seinen Untersuchungen «von einer bestimmten, sicheren Grundlage, von dem sogenannten Nervenzellenäquivalentbild aus»¹³, welches ihm analytisch-experimentell erlaubte, das Präparat als solches sowie dessen operative Merkmale zu untersuchen und nicht fortwährend die Morphologie und Physiologie der lebendigen Zelle in den Vordergrund zu rücken. So konstatiert Nissl, dass er sich

10 Gudrun Lang: *Histotechnik. Praxislehrbuch für die Biomedizinische Analytik*. Wien, New York 2006, S. 42.

11 Welsch, S. 4.

12 Zu einer naturwissenschaftsimmanenten Bildkritik auch der Beitrag von Wibke Larink in diesem Band.

13 Franz Nissl: *Die Neuronenlehre und ihre Anhänger. Ein Beitrag zur Lösung des Problems der Beziehungen zwischen Nervenzelle, Faser und Grau*. Jena 1903, S. 167.

nicht «von der Vorstellung leiten [lässt], dass dieses oder jenes Bild eines mikroskopischen Präparates der präformierten Structur vielleicht entspricht. Da ich bestimmt weiss, dass wir die präformierte Structur der Nervenzellen nicht kennen, so giebt es [...] nur eine einzige richtige Fragestellung [...]»¹⁴ Dies sei die Frage danach, welchen Substanzen des Äquivalentbildes die Substanzen der Zelle entsprechen. Wie sich also die Materialität des Objekts resp. der Zelle in die Sichtbarkeit des Bildes transformiert bzw. eingeschrieben hat. Allein durch diese Verschiebung der visuellen Wahrnehmung und erkenntnisleitenden Fokussierung auf das Äquivalentbild, ist für Nissl «der feste Boden gewonnen, auf dem eine klare, durchsichtige Discussion durchgeführt werden kann.»¹⁵ Bei der Herstellung des Äquivalentbildes ist es für Nissl daher besonders wichtig, dass alle Präparationsprozesse strikt eingehalten werden, um die Vergleichbarkeit der Äquivalentbilder sowie deren Aussagekraft zu gewährleisten.¹⁶

Unter Nervenzellenaequivalent verstehen wir demnach das mikroskopische Strukturbild der im Gewebe vorhandenen Nervenzellen des in einer bestimmten Weise getöteten Tieres, das bei einer bestimmten mikroskopisch-technischen Behandlung des Nervengewebes unter bestimmten Voraussetzungen erfahrungsgemäß mit einer gesetzmassigen Gleichheit zur Darstellung gebracht werden kann.¹⁷

Gleichwertige Erkenntnisse zur Beschaffenheit der lebendigen Zelle am Äquivalentbild sind nur dann möglich, wenn für alle Bilder die (idealerweise) gleichen experimentellen Voraussetzungen, das gleiche technisch-mediale *a priori*, bestehen. Erst wenn also das Lebendige und potentiell Unsichtbare zum standardisierten Medienformat verarbeitet wurde, ist die Grundlage zur wissenschaftlichen Beobachtung, Analyse und Kommunikation überhaupt erst gegeben. Zur Anschauung kommen relative Prozesse und Voraussetzungen, Gesetzmäßigkeiten und Erfahrungen, bis letztlich eine Sichtbarkeit zweiter Ordnung entsteht.

Die Rede vom Äquivalentbild als Bildkritik operiert so gedacht am Verhältnis von Bild und Technik oder Bild als Technik. In Anerkennung des technischen Prozesses als Sichtbarmachung seiner selbst, kann eine solche Bildanalyse bei der Sicht- und Wahrnehmbarkeit der *Bildgebung* im späteren Bild ansetzen und nicht bei der Frage nach dem Objekt *im* Bild, da dieses als Referent im Sichtbarmachungsprozess negiert, getötet, aufgelöst, abwesend wird. Was sichtbar gemacht wird, sind konven-

14 Ebd..

15 Ebd..

16 Dieser epistemologische Boden ist für Nissl «das Zellenbild des Aequivalentpräparates, welches mit Hülfe meiner Seifenmethylenblaumethode gewonnen wird, vorausgesetzt dass das Thier durch einen Stich in's Halsmark oder Herz getödtet, die lebensfrischen und in kleine Blöckchen zerlegten Centralorgane sofort in 96-proc. Alkohol verbracht und direct aus dem 96-proc. Alkohol heraus ohne Einbettung in 10 µ dicke Schnitte zerlegt werden.» Nissl, S. 168.

17 Franz Nissl zitiert nach Franz Jähnel: Franz Nissl. In: *Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankheiten* 61/3 (1920). S. 751–759, zit. S. 755.

tionalisierte, kanonisierte Verfahren und Technologien der Sichtbarmachung, nicht zu allererst das für das «unbewaffnete Auge» Unsichtbare.

Diese bild- und medienkritischen Überlegungen unter dem Begriff Äquivalentbild scheinen produktiv übertragbar auf die Analyse von Graustufenvisualisierungen als epistemisch gleichwertige Entsprechung zu (unsichtbarer) «Lebendigkeit» im Bereich der Computertomographie. Hier, wie auch in der Histotechnik, transformieren standardisierte medientechnische Prozesse lebendige Formen und Funktionen in erfahrungsgemäße Ästhetiken, die die relative Rekonstruktion und Diagnostik von sowohl Morphologie wie auch Physiologie zulassen. Weswegen diese Ästhetik eminent auf der Verwendung von Graustufen beruht und was Radiologen an und im Grau finden, wird im folgenden Teil dargestellt.

III. Äquivalente Graustufen in der Computertomographie

Nach diesen theoretisch-analytischen Überlegungen zum Zusammenwirken von (medien-)technischen Voraussetzungen und ästhetischen Konventionen, kann im Folgenden die spezifische Funktion von Graustufen in der diagnostischen Computertomographie nachvollzogen werden. In welchem medientechnischen Prozess werden die Daten aus dem Inneren des Patientenkörpers zum Erscheinen gebracht und was bietet die Darstellung in Graustufenschnittbildern ästhetisch sowie epistemisch, obwohl technologisch ein buntes Arsenal zur Verfügung stünde?

Relativ Grau: Mess- als Grauwerte

Das Äquivalentbildkonzept bedingt zunächst, den medientechnischen Prozess der Sichtbarmachung als eigenständigen Erkenntnisprozess und als eine eigene Ästhetik konstituierend zu betrachten. Bei der Frage nach dem Bild müssen zu allererst die Techniken seiner Entstehung und die dort getroffenen Voraussetzungen befragt werden. Wichtig erscheint dabei, dass die «medientechnische Potenz», d.h. die verfügbaren Apparaturen, Verfahren und Technologien, nicht umfassend ausgeschöpft werden muss, sondern sich, einmal experimentell und erfahrungsgemäß bestätigt, in die Bahnen der Fragestellung einpasst.¹⁸

Die Computertomographie (CT) ist ein bildgebendes Verfahren, dass vorrangig in der medizinisch-diagnostischen Radiologie eingesetzt wird, um pathologische Veränderungen von Gewebe- oder von Knochenstrukturen zu visualisieren. Bei der Datenerfassung rotiert eine Röntgenröhre um den Patientenkörper, der die fächerförmig ausgesandte Strahlung unterschiedlich abschwächt. Die abgeschwächte Röntgenstrahlung wird von einem parallel zur Röhre rotierenden Detektor aufgenommen und in einen digitalen Datensatz gewandelt.¹⁹ Die Form bzw. die Ge-

18 Damit wird das Narrativ des stetigen Fortschritts durch technische Innovationen im konkreten Anwendungskontext zunächst retardiert, wenn nicht gebrochen.

19 Vgl. exemplarisch Willi A. Kalender: *Computertomographie. Grundlagen, Gerätetechnologie, Bildqualität, Anwendungen*. 2. Aufl. Erlangen 2006, S. 18–36.

stalt einzelner innerer Organe zeigt sich nicht, wie im konventionellen Röntgen, aufgrund des abgeschwächten Röntgenstrahls, der chemisch mit einer Bildfolie reagiert, sondern aufgrund eines mehrstufigen Verarbeitungsprozess aus Datenerfassung, Rekonstruktion, Segmentierung und Visualisierung, der die digitalen Daten letztlich routinemäßig als zweidimensionale Graustufenschnittbilder darstellt.

Dabei wird der «errechnete Schwächungskoeffizient [des Röntgenstrahls] im CT-Bild über so genannte CT-Zahlen relativ zur Schwächung von Wasser angegeben.»²⁰ Diese CT-Werte oder CT-Zahlen werden in Hounsfield Units (HU)²¹ angegeben, wobei davon ausgegangen wird, dass

CT-Werte [...] sehr einfach und in den meisten Fällen eindeutig zu interpretieren [sind]. [...] Die Erklärung, warum die Schwächung und damit der CT-Wert verändert ist, ist [...] in den meisten Fällen unproblematisch und oft durch die klinisch-radiologische Erfahrung offensichtlich.²²

Die Zuordnung der Gewebedichte geschieht in der Computertomographie demnach relativ zur Hounsfield Unit, die nicht numerisch, sondern in Graustufen sichtbar gemacht wird. Verkürzt dargestellt bedeutet dies, dass der Dichte eines Gewebes ein ästhetisches Merkmal, nämlich eine bestimmte Graustufe, aufgrund von medientechnischen Operationen zugeordnet wird.

Die Lebendigkeit des Patientenkörpers wird über Strahlungsdifferenzen in ein «array of numbers»²³ transformiert, aus dem dann wiederum durch hochgradig standardisierte Prozesse eine Visualisierung generiert wird, die sich «erfahrungsgemäß mit gesetzmäßiger Gleichheit» als Relativ zum «natürlichen Zustand» wahrnehmen lässt.²⁴ Ebenso wie in der Histologie die Lebendigkeit des Objekts durch Fixierung und Färbung in ein Schnittpreparat «übersetzt» wird, aus dem sich bestimmte mikroskopische Ansichten erzeugen lassen, wird in der CT Körperlichkeit

20 Kalender, S. 31.

21 Auf der HU-Skala hat Wasser definitionsgemäß den Wert 0 HU, Luft entspricht -1000 HU. Diese Werte sind relativ unabhängig von der Energie der eingesetzten Röntgenstrahlung und stellen so die Fixpunkte der CT-Werteskala dar. Weniger dichte Gewebearten des menschlichen Körpers weisen «wegen ihrer niedrigen Dichte und der dadurch bedingten niedrigen Schwächung negative CT-Werte auf. Die meisten anderen Gewebe liegen im positiven Bereich, wobei dies für Muskel, Bindegewebe und die meisten Weichteilorgane überwiegend auf die physikalische Dichte zurückzuführen ist.» Kalender, S. 32.

22 Kalender, S. 33.

23 Michael Lynch, Samuel Y. Edgerton: *Aesthetics and Digital Image Processing. Representational Craft in Contemporary Astronomy*. In: Gordon Fyfe, John Law (Hg.): *Picturing Power. Visual Depictions and Social Relations*. London 1988. S. 184–220, zit. S. 188.

24 Zu Aspekten eines «erfahrungsgemäßen Wahrnehmens» in der radiologischen Klinik vgl. auch Kathrin Friedrich: «Sehkollektiv»- Sight Styles in Diagnostic Computed Tomography. In: *Medicine Studies* 2/3 (2010). S. 185–195. Zum analogen Röntgensehen vgl. Monika Dommann: «Das Röntgen-Sehen muss im Schweiß der Beobachtung gelernt werden.» Zur Semiotik von Schattenbildern. In: *Traverse* 3 (1999). S. 114–130 sowie Vera Dünkel: Röntgenblick und Schattenbild. Zur Spezifik der frühen Röntgenbilder und ihren Deutungen um 1900. In: Horst Bredekamp, Birgit Schneider, Vera Dünkel (Hg.): *Das Technische Bild. Kompendium zu einer Stilgeschichte wissenschaftlicher Bilder*. Berlin 2008. S. 136–147.

weitestgehend immateriell durch Digitalisierung «verdatet» und als tomographisch-interaktive Computerbildansichten dargestellt.

Da in der Histologie das Objekt allerdings materiell völlig im Präparat und später im Bild aufgeht, ist es zur Erfassung der «ästhetischen Mehrschichtigkeit» digitaler Bilder notwendig, auf die unsichtbare, da algorithmisch codierte Unterflächensowie die visuell-zeichenhafte (Bildschirm-)Oberfläche des «algorithmischen Zeichens» aufmerksam zu machen. Die sichtbare Oberfläche nimmt als «doppeltes Bild» zwischen Algorithmik und Ästhetik die Funktion eines Interfaces, einer «computable visibility and [...] visible computability»²⁵ ein. Bei dem Zuordnungs- und Visualisierungsprozess in der CT sei es nun vor allem die Eigenschaft der zweidimensionalen Graustufendarstellungen, «CT-Werte direkt und unverfälscht zur Darstellung [zu bringen]. [...] Damit ist immer eine einfache Orientierung im Volumen und eindeutige Interpretierbarkeit der Bildwerte gegeben.»²⁶ Die technische, ästhetische und epistemische Zuschreibung eines Messwertes an eine bestimmte Graustufung wird in der zitierten Darstellung – verkürzt – als der entscheidende Vorteil von zweidimensionalen Rekonstruktionen gesehen, die weniger informatischen «Aufwand» erfordern als mehrdimensionale Modellierungen, welche zudem wenig an die bisherigen Sehkonventionen der RadiologInnen anschließen.

Die Visualisierung der Datensätze in farbiger Dreidimensionalität wird im klinischen Alltag als relativ unökonomisch erachtet, da dies sowohl mehr Zeit wie auch mehr technische und personelle Ressourcen benötigt. Bestimmte anatomische oder pathologische Strukturen in Farbe und als dreidimensionale Modellierung hervorzuheben, dient dazu «das abgebildete Volumen in nur einem Bild und möglichst realistisch zu präsentieren und die diagnostisch relevanten Details gezielt herauszuarbeiten. [...] Die Originalinformation aus den CT-Werten geht dabei allerdings verloren.»²⁷ Daher erfolgen «sehr suggestive quasi-anatomische Darstellungen»²⁸ vorrangig für andere medizinische Fachgebiete²⁹, etwa zur OP-Planung in der Chirurgie oder zum Einsatz in der Medizinindidaktik, wie auch zur Verwendung in Publikationen oder zur öffentlichkeitswirksamen Zirkulation.³⁰

25 Frieder Nake: Surface, Interface, Subface. Three Cases of Interaction and One Concept. In: Uwe Seifert, Jin Hyun Kim, Anthony Moore (Hg.): *Paradoxes of Interactivity. Perspectives for Media Theory, Human-Computer Interaction, and Artistic Investigations*. Bielefeld 2008. S. 92–109, zit. S. 105.

26 Kalender, S. 205.

27 Kalender, S. 206. Der Medizinphysiker Jürgen Hennig nennt parametrische Bildgebungsverfahren wie funktionelle Magnetresonanztomographie (fMRT) und Positronenemissionstomographie (PET) als «Kerngebiete der Anwendung von Farbe». Jürgen Hennig: Farbeinsatz in der medizinischen Visualisierung. In: Horst Bredekamp, Vera Dünkler, Matthias Bruhn, Gabriele Werner (Hg.): *Bildwelten des Wissens. Kunsthistorisches Jahrbuch für Bildkritik. Band 4.1 Farbstrategien*. Berlin 2006. S. 9–16, zit. S. 14.

28 Hennig, S. 14.

29 Kalender, S. 212.

30 Vgl. Hennig, S. 10.

Von Fenstern und Kontrasten

CT-Bilder haben ein mögliches Darstellungsspektrum von typischerweise 4096 Graustufenwerten³¹ – erstaunlich determinierte Ansichten für ein «scheues Veilchen». Da das menschliche Auge je nach Umgebungsbedingungen nur etwa 40 bis 100 Graustufen gleichzeitig unterscheiden kann, wird die Zuordnung von HU zu Graustufen über eine Mapping Funktion auf einen Darstellungsumfang von 8 Bits (256 Graustufenwerte) heruntergerechnet und in ihrer Varianz «gebündelt».³²

This process is referred to as *windowing and levelling*, and establishes a (linear) transformation between Hounsfield units and visual greyscale: by altering the mapping, alternate tissues and phenomena become more prominent through improved visual contrast.³³

Das Fenster entspricht dabei dem Bereich der HU-Skala, der in Graustufen dargestellt wird, wobei über den Level der Mittelpunkt des Fensters festgelegt wird. Alle Werte unterhalb des gewählten Fensters werden als schwarz, alle darüber als weiß dargestellt, sodass das gesamte Grauspektrum im sichtbaren Fenster skaliert ist.³⁴ Je kleiner das Fenster gewählt wird, desto mehr Kontrast wird in den Graustufen wahrnehmbar.³⁵

Durch die Fensterung sind vor allem Bereiche mit sehr geringen Schwächungsunterschieden wie das Gehirn kontrastreicher darstellbar, da dieses sonst ästhetisch zur «grauen Suppe»³⁶ verkommt. Wird das Fenster hier zu groß gewählt, sind die Abstufungen im Grau nicht mehr deutlich genug zu erkennen, sodass die diagnos-

31 Vgl. Kalender, S. 32 f.

32 Vgl. Denise Aberle et al.: A Primer on Imaging Anatomy and Physiology. In: Alex A.T. Bui, Ricky K. Taira (Hg.): *Medical Imaging Informatics*. New York 2010. S. 15–91, zit. S. 26. Willi A. Kalender spricht von max. 60–80 Graustufen, die unterschieden werden können (Kalender, S. 33). Hinzu kommt, dass das menschliche Auge «mit seinen 120 Millionen schwarz-weiß empfindlichen Stäbchen im Vergleich zu 6 Millionen farbeempfindlichen Zäpfchen sowohl in Bezug auf Auflösung als auch Kontrastempfindlichkeit für Schwarz-Weiß Bilder geradezu optimiert und prädestiniert» ist (Hennig, S. 9). Weiterhin macht der Kontrastumfang der Graustufen es auch für farbenblinde Menschen möglich, die Beschränkungen des menschlichen Sehapparats zu überlisten und differenziert Bildinformationen wahrzunehmen. Vgl. Lindsay R. Rubin, Wendy L. Lackey, Frances A. Kennedy, Robert B. Stephenson: Using Color and Grayscale Images to Teach Histology to Color-Deficient Medical Students. In: *Anatomical Sciences Education* 2 (2009). S. 84–88.

33 Aberle et al., S. 26 (Hervorh. im Org.).

34 Vgl. Kalender, S. 33.

35 Die verbesserten Möglichkeiten zur Kontrastbildung in Graustufen stellen auch Michael Lynch und Samuel Edgerton in ihrer ethnographischen Studie zur Bildgebung in der Astronomie fest: «(...) several astronomers told us that they prefer to analyze images in black-and-white, using a continuous greyscale rather than a colour palette to represent intensities. They noted that greyscale renderings are more easily interpreted. (...) A monochromatic field, according to this reasoning, more readily shows the substantive continuities of a nebular object, avoiding any implications of bounded segments along the contours of adjacent colours.» (Lynch, Edgerton, S. 193) Zum Übergang vom Grau- zum Farbsehen in diesem Bereich vgl. auch Tim Otto Roth: *ars photoelectronica. Astronomie als Königsdisziplin der Farbe*. In: Konrad Scheurmann (Hg.): *rot.grün.blau. - Experiment in Farbe & Licht*. Illmenau 2008. S. 90–93.

36 Aus einem persönlichen Gespräch mit einem Radiologen während der CT-Befundung.

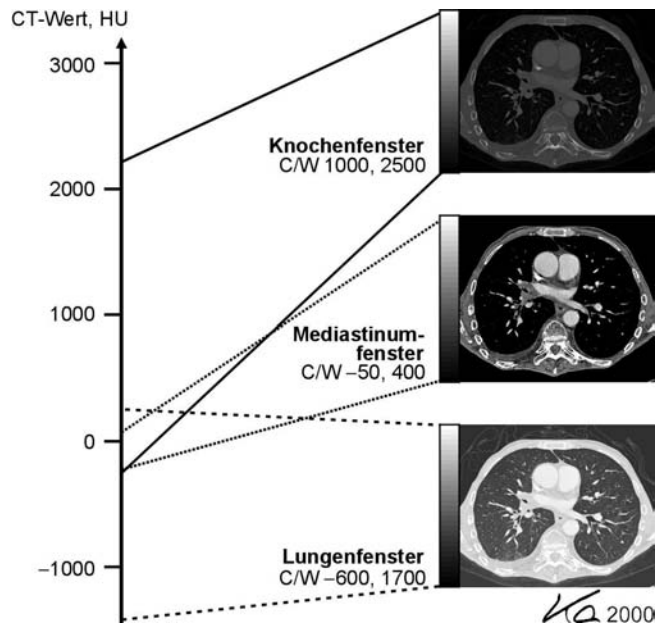


Abb.1: Die HU-Skala

tische Fragestellung nicht adäquat bearbeitet werden kann. Die im Zitat angesprochene quasi-lineare Transformation einer Hounsfield Einheit in einen Grauwert ermöglicht (im Rahmen der technischen Standardisierung) die ästhetische Anpassung an ein bestimmtes Erkenntnisinteresse. Dabei fungiert das Oberflächenphänomen Grau durch mehr oder weniger kontrastreiche Abstufungen zunächst als Indikator für eine grundsätzliche visuelle Wahrnehmbarkeit. Erst wenn diese gegeben bzw. angepasst ist, kann der Verweischarakter auf die HU-Werte mitbedacht bzw. mit gesehen werden.

Die Fensterung geschieht über die Interaktionen mit der Befundungssoftware, mittels derer RadiologInnen je nach anatomischer Region und Fragestellung die Fensterung der Aufnahme einstellen können. Für bestimmte anatomische Regionen bestehen Standard-Fenster (z.B. Lungen-, Weichteil- oder Knochenfenster), die regulär per Shortcut über die Tastatur aufgerufen werden können und keine weiteren Arbeitsschritte erfordern.³⁷ Wie in Abb. 1 illustriert wird, kann derselbe Ausgangsdatensatz in den Standardfenstern durch die veränderte Relation von CT-Wert (HU) zu Graustufe in je anderem Kontrastumfang dargestellt werden. Damit erscheinen beispielsweise knöcherne Strukturen im so genannten Knochenfenster wesentlich differenzierter wahrnehmbar, wohingegen sie im Lungenfenster in einer fast weißlichen Unschärfe verschwinden. Durch Kenntnis der Relationalität des Grauwerts zum Messwert, d.h. der Graustufe zur Gewebebeschaffenheit, können

37 Vgl. Aberle et al., S. 26.

BildinterpretInnen die Skalierung so vornehmen, dass mehr oder weniger Details, mehr oder weniger Abstufungen sichtbar werden.

Sollten jedoch weitere ästhetische Zweifel am «Indiziencharakter» der Graustufe eines Organs im Vergleich zu anderen bestehen, kann man sich per Mausklick den HU-Wert des betreffenden Organ- bzw. Bildbereichs anzeigen lassen und mit der erfahrungsgemäß normalen HU abgleichen.

Passagen im Grau

Neben der oben ausgeführten Grauabstufung durch Fensterung geschieht die visuelle Abgrenzung der einzelnen Organsegmente bzw. das «Aufspüren» pathologischer Veränderungen durch das haptisch-visuelle «Durchfahren» des Datensatzes.³⁸

Bei den meisten Softwarelösungen wird eine so genannte Cine-Funktion angeboten, die die Schnittbildserien automatisch wiedergibt, sodass der Effekt einer kinematischen Durchfahrt entsteht. Während die Organe aus dem digitalen Grau «hervorquellen», werden die an röntgenologischen Graustufen- und (auch mikroskopischen) Schnittbildern geschulten Seherfahrungen und Wahrnehmungsweisen der RadiologInnen beständig abgeglichen.

Die Darstellung in Graustufen hemmt dabei die «Aufdringlichkeit» eines bestimmten Bereichs, da die Grauschattierungen sich zwar kontrastieren, aber zugleich gegenseitig zurückdrängen, sodass sie zu ihrem eigenen Vexierbild werden. Es treten zwar je nach Wahrnehmungsfokussierung und diagnostischem Interesse einzelne Segmente in den Vordergrund, gleichzeitig werden sie aber in der vermeintlichen Unterschiedslosigkeit der Grauanmutung nivelliert und visuell «gebändigt». Durch medizinische Erfahrung und radiologische Schulung, welches Organ welche visuelle Gestalt mit welchen standardmäßigen Abweichungen aufweist sowie durch die Kenntnis, in welcher Grauigkeit im Vergleich zu benachbarten Strukturen dieses normalerweise auftritt, bieten Graustufen wahrnehmungstheoretisch die Möglichkeit, sowohl Form wie auch Eigenschaften ohne Ausbruch aus einer kohärenten und differenzierten Anmutung darzustellen.³⁹

Graustufenvisualisierungen sind demnach während des Befundungsprozesses potentiell unabgeschossen und passen sich den diagnostischen Sehkonventionen sowie auch den physiologischen Voraussetzungen der RadiologInnen an. Diese vertrauen gleichsam auf die medientechnische Standardisierung, die den HU verlässlich bestimmte Grauwerte zuordnet. An der Oberfläche des Computerbildschirms treffen so die medientechnischen Operationen und Standards auf ästhetisch-diagnostische Konventionen, die eine zuverlässige Diagnose garantieren sollen. Sicht-

38 Vgl. Kalender, S. 205.

39 Vgl. Hennig, S. 11: «S-W-Bilder werden intuitiv und fast sogar ohne anatomische Kenntnisse in zusammengehörige Bereiche segmentiert, auch wenn die Intensität innerhalb dieser Bereiche variiert. In den farbigen Bildern ist hingegen die Farbe so dominant, dass eine solche strukturbasierte Segmentierung gar nicht oder nur mit größter Mühe und innerhalb von Flächen einheitlicher Farben möglich wird.»

bar wird dieses Zusammentreffen in Graustufen, die jedoch keine statische Ansicht liefern, sondern selbst operativ durch Fensterung resp. Kontrastierung und Durchfahrten als digitales Erkenntniswerkzeug dienen. Im «Sehwerk» der RadiologInnen schaffen Auge und Hand⁴⁰ diagnostisches und häufig stummes Wissen. Die grauen Schnittbilder machen durch ihre «Behandelbarkeit» sicht- und verstehbar, sie sind Erkenntnisobjekt und Werkzeug gleichermaßen.

IV. Auswärts: «Wir sind ganz ausgehungert nach Technicolor hier oben...»⁴¹

Computertomographische Graustufenbilder spielen in der radiologischen Diagnostik trotz oder gerade wegen ihrer vermeintlichen «unbunten Neutralität» eine herausragende und – im Sinne von populär – anschauliche Rolle. Nicht allein, weil sie als gleichwertige diagnostische Bildtechnik dienen, sondern auch, weil sie konsequent ihren artifiziellen und konstruktiven Charakter ausweisen und dennoch als Äquivalent zum lebendigen Inneren des Patientenkörpers wahrgenommen werden.

Fasst man also die Visualisierungen des Bildgebungsverfahrens Computertomographie als Äquivalentbilder auf, lässt sich differenzierter betrachten, wie sich der Bildgebungsprozess mit ins Bild setzt und Messwerten bestimmte ästhetische Eigenschaften zuweist, die eine erfahrungs- und wahrnehmungsgemäße Beziehungstiftung zwischen Bild und Objekt bedingen. Diese Relation ist für alle Bildgebenden Verfahren grundlegend, man könnte es bei dieser Benennung belassen, doch über die Umwertung des Äquivalentbildbegriffs werden auch die Erfahrungswerte und Gesetzmäßigkeiten der Bildgebung und -wahrnehmung in die Untersuchung einbezogen. Hierin anklingend wird die Abstraktionsleistung des Rezipienten deutlich, die sich vom Ästhetischen hin zum «Materiellen» (auf welche materielle Eigenschaft des Objekts verweist die sichtbare Struktur konzeptionell?) und zum Technischen (welche medientechnischen Operationen haben diese Art der Sichtbarkeit unter welchen Voraussetzungen produziert?) vollzieht. So geschieht bei «sehenden» WissenschaftlerInnen von vornherein eine selbstreflexive Distanzierung von (lebendigen) Objekten hin zu geronnenen Medienpraktiken und experimentellen Voraussetzungen, die so nicht mehr allein einer geisteswissenschaftlichen Bildkritik zugeschrieben wird.

Es sind die ausgeführten Eigenschaften der Graustufenvisualisierungen bezüglich physiologischer Voraussetzungen, Kontrastbildung und Gestaltwahrnehmung sowie eingeübter Sehweisen in der Radiologie, die sie als Erkenntniswerkzeug (immer noch) unabdingbar machen und eben nicht bunte Bilder, die vermeintlich «oberflächlich anziehender» erscheinen, aber gerade epistemisch nicht «tiefgründig» genug sind.

40 Vgl. Lynch, Edgerton, S. 189.

41 Jarman, S. 69.

Literatur

- Denise Aberle et al.: A Primer on Imaging Anatomy and Physiology. In: Alex A.T. Bui, Ricky K. Taira (Hg.): *Medical Imaging Informatics*. New York 2010. S. 15–91.
- Horst Bredekamp, Matthias Bruhn, Felix Prinz, Gabriele Werner (Hg.): *Bildwelten des Wissens. Kunsthistorisches Jahrbuch für Bildkritik. Band 8.2 Graustufen*. Berlin 2011 (im Erscheinen).
- Horst Bredekamp, Vera Dünkel, Matthias Bruhn, Gabriele Werner (Hg.): *Bildwelten des Wissens. Kunsthistorisches Jahrbuch für Bildkritik. Band 4.1 Farbstrategien*. Berlin 2006.
- Georges Didi-Huberman: Die Farbe des Nicht-Ortes. In: Elisabeth von Samsonow, Eric Alliez (Hg.): *Chroma Drama. Widerstand der Farbe*. Wien 2001. S. 123–140.
- Monika Dommann: «Das Röntgen-Sehen muss im Schweiß der Beobachtung gelernt werden.» Zur Semiotik von Schattenbildern. In: *Traverse* 3 (1999). S. 114–130.
- Vera Dünkel: Röntgenblick und Schattenbild. Zur Spezifik der frühen Röntgenbilder und ihren Deutungen um 1900. In: Horst Bredekamp, Birgit Schneider, Vera Dünkel (Hg.): *Das Technische Bild. Kompendium zu einer Stilgeschichte wissenschaftlicher Bilder*. Berlin 2008. S. 136–147.
- Kathrin Friedrich: «Sehkollektiv»- Sight Styles in Diagnostic Computed Tomography. In: *Medicine Studies* 2/3 (2010). S. 185–195.
- Dominik Groß, Tobias Duncker (Hg.): *Farbe, Erkenntnis, Wissenschaft. Zur epistemischen Bedeutung der Farbe in der Medizin*. Münster u.a. 2006.
- Jürgen Hennig: Farbeinsatz in der medizinischen Visualisierung. In: Horst Bredekamp, Vera Dünkel, Matthias Bruhn, Gabriele Werner (Hg.): *Bildwelten des Wissens. Kunsthistorisches Jahrbuch für Bildkritik. Band 4.1 Farbstrategien*. Berlin 2006. S. 9–16.
- Martina Heßler: BilderWissen. Bild- und wissenschaftstheoretische Überlegungen. In: Ralf Adelman, Jan Frercks, Martina Heßler, Jochen Hennig: *Datenbilder. Zur digitalen Bildpraxis in den Naturwissenschaften*. Bielefeld 2009. S. 133–161.
- Franz Jähnel: Franz Nissl. In: *Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankheiten* 61/3 (1920). S. 751–759.
- Derek Jarman: *Chroma. Ein Buch der Farben*. Berlin 1995.
- Willi A. Kalender: *Computertomographie. Grundlagen, Gerätetechnologie, Bildqualität, Anwendungen*. 2. Aufl. Erlangen 2006.
- Gudrun Lang: *Histotechnik. Praxislehrbuch für die Biomedizinische Analytik*. Wien, New York 2006.
- Michael Lynch, Samuel Y. Edgerton: Aesthetics and Digital Image Processing. Representational Craft in Contemporary Astronomy. In: Gordon Fyfe, John Law (Hg.): *Picturing Power. Visual Depictions and Social Relations*. London 1988. S. 184–220.
- Susanne Marschall: *Farbe im Kino*. Marburg 2005.
- Frieder Nake: Surface, Interface, Subface. Three Cases of Interaction and One Concept. In: Uwe Seifert, Jin Hyun Kim, Anthony Moore (Hg.): *Paradoxes of Interactivity. Perspectives for Media Theory, Human-Computer Interaction, and Artistic Investigations*. Bielefeld 2008. S. 92–109.
- Franz Nissl: *Die Neuronenlehre und ihre Anhänger. Ein Beitrag zur Lösung des Problems der Beziehungen zwischen Nervenzelle, Faser und Grau*. Jena 1903.
- Wilhelm Ostwald: *Einführung in die Farbenlehre*. 2. Aufl. Leipzig 1919.
- Manfred Richter: *Einführung in die Farbmetrik*. 2. Aufl. Berlin, New York 1981.
- Tim Otto Roth: ars photoelectronica. Astronomie als Königsdisziplin der Farbe. In: Konrad Scheurmann (Hg.): *rot.grün.blau.- Experiment in Farbe & Licht*. Illmenau 2008. S. 90–93.
- Lindsay R. Rubin, Wendy L. Lackey, Frances A. Kennedy, Robert B. Stephenson: Using Color and Grayscale Images to Teach Histology to Color-Deficient Medical Students. In: *Anatomical Sciences Education* 2 (2009). S. 84–88.
- Ulrich Welsch: *Sobotta Lehrbuch Histologie. Zytologie, Histologie, mikroskopische Anatomie*. 2. Aufl. München 2006.