

Inhalt

Einleitung	9
Die Visualisierung des (vormals) Unsichtbaren	9
Forschungsstand	13
Indizieren	17
Visualisieren	19
Aufbau der Arbeit	20
1. Index – Indikator. Die Entdeckung des Ultravioletts.	23
1.1 Theoretisierung des Lichts	25
1.2 Fotografie als Index	27
1.3 Licht, Wärme, chemische Strahlen	33
1.4 Die Geschichte der Fotografie als Geschichte der Erforschung des Lichts	50
1.5 Evidente Spuren – Silberchlorid als Reagens	55
2. Fotografische Visualisierungen als evidente Bilder	61
2.1 Die Wiederholbarkeit fotografischer Versuche	62
2.2 Fotografische Artefakte	65
2.3 Die Radiographie als evidentes Bild	105
2.4 Fotografische Visualisierungen als visuelle Modelle	110
2.5 Anschaulichkeit und Wiederholbarkeit als Voraussetzung für Evidenz	120
3. Evidenz durch Konvention	123
3.1 Die Wiederholung etablierter Motive	132
3.2 Defektive Visualisierungen	188
3.3 Überindividuelle Repräsentationen	212
4. Schluss: Fotografische Visualisierungen als Index, Modell und Konvention	214
Literatur	219
Abbildungsverzeichnis	240
Namenregister	250

Einleitung

Die Visualisierung des (vormals) Unsichtbaren

»L'homme ne voit pas tout ce qui est visible. Lorsque les vibrations sont trop lentes (au-dessus de 458 trillions par seconde), la lumière est trop faible: votre œil ne la voit plus. Lorsque les vibrations sont trop rapides (au-dessus de 727 trillions par seconde), la lumière dépasse votre faculté organique de perception et devient invisible pour vous.«¹

In seinem Zukunftsroman *Lumen*, dessen erste Episode zunächst 1867 in der *Revue du XIX^e siècle* erscheint,² beschreibt der französische Astronom Camille Flammarion fünf Gespräche des omnipotenten Lichtwesens Lumen mit einem Menschen. Die dritte, Homo Homunculus überschriebene Unterhaltung befasst sich mit den Defiziten des menschlichen Auges.³ Anders als Lumen kann der Mensch nur einen kleinen Teil des elektromagnetischen Wellenspektrums wahrnehmen. So sieht er zwar weißes Licht, doch weder die langwelligen Bereiche jenseits des Rots noch die kurzwelligen Abschnitte außerhalb des Violetts können vom Auge erfasst werden: sie erscheinen unsichtbar.

¹ »Der Mensch sieht nicht alles, was sichtbar ist; sind die Schwingungen zu langsam (unter 458 Billionen in der Sekunde), so ist das Licht zu schwach, und dein Auge nimmt es nicht mehr wahr; sind die Schwingungen zu schnell (über 727 Billionen in der Sekunde), so übersteigt das Licht deine organische Wahrnehmungsfähigkeit und wird unsichtbar für dich.« Camille Flammarion, *Lumen*, Paris [1872], S. 91 [Übersetzung Bernd Stiegler, *Philologie des Auges. Die photographische Entdeckung der Welt im 19. Jahrhundert*, München 2001, S. 122].

² Camille Flammarion, »Lumen. Récit d'outre-terre«, in: *Revue du XIX^e siècle*, Nr. 11, 1. Feb. 1867, S. 163–184. Fortsetzungen erschienen in der Zeitschrift *L'Artiste*. 1872 erschien *Lumen* erstmals als Buch bei Marpon & Flammarion. Vgl. dazu Daniëlle Chaperon, *Camille Flammarion. Entre astronomie et littérature*, Paris 1998, S. 64.

³ Aufgrund ihrer beschränkten Wahrnehmungsfähigkeit nennt Lumen die »Erdenmenschen« Homunculi. Der Begriff wurde 1538 von Paracelsus in *De natura rerum* eingeführt und bezeichnet dort einen alchemistisch generierten Miniaturmenschen. Vgl. dazu Klaus Völker, »Homunculi«, in: ders. (Hg.), *Künstliche Menschen. Dichtungen und Dokumente über Golems, Homunculi, lebende Statuen und Androiden*, Frankfurt a. M. 1994 [1971], S. 454–466; Paracelsus, »De generatione rerum naturalium«, in: Völker, *Künstliche Menschen*, S. 49–59.

Die Vorstellung, dass die Fotografie ein geeignetes Medium sei, die Defizite des menschlichen Auges auszugleichen und Strahlen zu visualisieren, die jenseits des optischen Spektrums liegen, hatte sich spätestens gegen Ende des 19. Jahrhunderts etabliert. In der vielzitierten Rede, die der französische Astronom Jules Janssen im Mai 1888 auf dem Jahresbankett der *Société Française de Photographie* gehalten hatte, bezeichnete er den fotografischen Film als wahre Retina des Gelehrten⁴ und konkretisierte in welcher Hinsicht die Fotografie dem menschlichen Auge überlegen sei. Sie sei zuverlässiger, speichere Eindrücke naturgetreu und mache diese Eindrücke zudem reproduzierbar. Darüber hinaus, und dieser Aspekt ist im Kontext der vorliegenden Untersuchung von besonderem Interesse, bestehe die Überlegenheit der filmischen Retina darin, dass sie, so Janssen, Strahlen in einem größeren Umfang als das menschliche Auge erfassen könne.⁵ Die Metapher von der Fotografie als künstliches Auge, die nicht nur von Janssen, sondern vor ihm bereits von

⁴ Herta Wolf wies in »Die Divergenz von Aufzeichnen und Wahrnehmen. Ernst Machs erste fotografiegestützte Experimente« darauf hin, dass Janssen 1888 nicht von der Fotografie, sondern vom Film als Retina des Wissenschaftlers spricht. Herta Wolf, »Die Divergenz von Aufzeichnen und Wahrnehmen. Ernst Machs erste fotografiegestützte Experimente« [2001], in: dies. (Hg.), *Diskurse der Fotografie. Fotokritik am Ende des fotografischen Zeitalters*, Bd. 2, Frankfurt a.M. 2003, S. 427–455: 432. Während Janssen, wie Christoph Hoffmann in »Zwei Schichten. Netzhaut und Fotografie, 1860/1890« ausführt, noch 1882 hofft, dass die »fotografische Platte [...] bald die wirkliche Retina des Gelehrten sein [wird]«, ist er sich 1888 sicher, dass der fotografische Film diese Aufgabe übernehmen kann. Christoph Hoffmann »Zwei Schichten. Netzhaut und Fotografie, 1860/1890«, in: *Fotogeschichte. Beiträge zur Geschichte und Ästhetik der Fotografie*, 21. Jg., Nr. 81, 2001, S. 21–38.

⁵ Janssen schreibt: »Der lichtempfindliche fotografische Film die wahre Retina des Wissenschaftlers ist. Ja, meine Herren, er ist die wahre wissenschaftliche Retina, denn er besitzt alle Eigenschaften, die die Wissenschaft sich wünschen kann: [...] er erfasst von der Gesamtheit der Strahlen einen Umfang, der mehr als zweimal so groß ist wie der, den das Auge wahrnehmen kann, und bald wird er vielleicht alle Strahlen erfassen.« Jules Janssen, »En l'honneur de la photographie« [1888], in: ders., *Oeuvres scientifiques de Jules Janssen*, Bd. 2, hg. v. Henri Dehérain, Paris 1930, S. 86–90: 88–89 [Übersetzung Julia Encke, in: Christoph Hoffmann, »Zwei Schichten. Netzhaut und Fotografie, 1860/1890«, S. 22]. Dass Janssen hofft, dass die Fotografie zukünftig alle Strahlen sichtbar machen kann, verdeutlicht die Ambivalenz fotografischer Aufzeichnungsverfahren. Einerseits galt die Fotografie als dem menschlichen Auge überlegen, da sie Bereiche des Spektrums zu visualisieren vermochte, die der Mensch nicht wahrnehmen kann, andererseits war sie ebenfalls nicht im Stande den gesamten Umfang des Spektrums wiederzugeben. Genaugenommen konnte nur der blauviolette bis ultraviolette Abschnitt des Sonnenspektrums die fotografische Schicht schwärzen. Gelbgrünes, gelbes, rotes und infrarotes Licht verursachten keine Reaktion.

Jean-Baptiste Biot verwendet worden war,⁶ wurde häufig dahingehend interpretiert, dass sie sich direkt vom Sinnbild der Kamera als künstliches Auge ableite und sich auf die optisch-mechanische »Überlegenheit« der Fotografie beziehe.⁷ Mit Hilfe von Mikroskopen, Makro- und Teleobjektiven konnten Wissenschaftler wie Janssen kleine oder weit entfernte Objekte sichtbar machen und fotografisch fixieren. Schnelle Verschlüsse, lichtstarke Objektive und das Blitzlicht ermöglichten das Einfrieren von Bewegungen. »Der gemeinsame Nenner der sogenannten ›wissenschaftlichen‹ Fotografie bestand darin«, so Michel Frizot, »mittels einer instrumentellen Anpassung das zu zeigen, was dem Menschen als unsichtbar galt.«⁸ Doch Janssen verglich in seiner Rede nicht die Kamera oder die Objektive mit der menschlichen Retina, sondern den fotografischen Film und verwies somit auf die fotografische Chemie, die für jene Strahlen empfindlich ist, die für das menschliche Auge unwahrnehmbar sind. Bereits 1801 hatte Johann Wilhelm Ritter lichtreaktives Hornsilber eingesetzt, um eine von ihm vermutete Strahlung jenseits des violetten Abschnitts des sichtbaren Spektrums nachzuweisen. In Ritters Entdeckung des Ultravioletts fungierte das Hornsilber jedoch nicht als Medium der Repräsentation, sondern als Indikator der unsichtbaren, aber chemisch aktiven Strahlen. Die Schwärzung des Hornsilbers erfolgte in den Versuchen Ritters *zeitgleich* zu der »Belichtung«. Wie Lackmuspapier, das in der Chemie verwendet wird, um saure, beziehungsweise basische Stoffe zu indizieren, wurde die lichtempfindliche Silberverbindung eingesetzt, um die Anwesenheit einer Entität *anzuzeigen*. Der auf diese Weise erhaltene Index ließ sich nicht fixieren und schwerlich verwahren. Ihn außerhalb der Laborsituation zu präsentieren, war demnach unmöglich und schien für die Distribution der wissenschaft-

⁶ Mit der von Janssen verwendeten Metapher der Fotografie als wahrer Retina des Gelehrten beschäftigt sich André Gunthert in einem im Mai 2000 publiziertem Artikel. Gunthert weist in diesem darauf hin, dass ein ähnliches Sinnbild bereits 1839 von Jean Baptiste Biot verwendet worden war, der von der Fotografie [cette invention] als »rétine artificielle« sprach. François Arago u. Jean Baptiste Biot, »Physique appliquée. Fixation des images qui se forment au foyer d'une chambre obscure«, in: *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 8. Jg., Sitzung vom 7. Jan. 1839, S. 4–7: 7, zitiert nach André Gunthert, »La rétine du savant. La fonction heuristique de la photographie«, in: *Études photographiques*, Nr. 7, Mai 2000, S. 28–48: 35.

⁷ So schreibt Kelley Wilder, »The photographic-medium-as-scientific-eye metaphor is directly derived from the camera-as-eye analogy and is one of the tools that bolsters our trust in the photographic image. You have to ›see‹ something in order to ›believe‹ it.« Kelley Wilder, *Photography and Science*, London 2009, S. 11.

⁸ Michel Frizot, »Das absolute Auge. Die Formen des Unsichtbaren«, in: ders. (Hg.), *Neue Geschichte der Fotografie*, Köln 1998, S. 272–284.

lichen Tatsache zudem von untergeordnetem Interesse zu sein. Ritters indizierender Nachweis des Ultravioletts kann, um eine Unterscheidung des Wissenschaftshistorikers Hans-Jörg Rheinberger heranzuziehen, als Visualisierung, nicht aber als Repräsentation verstanden werden. Im Gegensatz zur Repräsentation benötigt die Visualisierung die »Abbildung nicht notwendigerweise als referentiellen Bezugspunkt.«⁹ Visualisierungen sind nicht so sehr als Bilder, sondern vielmehr als Analogien, visuelle Spuren oder Modelle ihres Repräsentanten zu verstehen.¹⁰ In Ritters Versuchen war die Schwärzung des Hornsilbers »die sichtbare Hinterlassenschaft eines ohne sie nicht greifbaren Geschehens«,¹¹ nicht aber eine Abbildung oder Repräsentation ihres Referenten. Ihre Evidenz erhielt sie nicht zuletzt durch die Gleichzeitigkeit, die so Sybille Krämer »die Ordnungsform des Index ist.«¹² Das Ergebnis der Visualisierung war im Moment der Einschreibung ablesbar.

Anders verhielt es sich bei den Sichtbarmachungen unsichtbarer Strahlen, die auf zu entwickelnden Fotoplatten entstanden. Die Gleichzeitigkeit von Ereignis, Einschreibung und Ablesung, die aus Ritters Visualisierung einen selbstevidenten Indikator gemacht hatte, wurde in fotografischen Visualisierungen durch den Zwischenschritt der Entwicklung gestört. In ihnen zeigt sich der Referent der Untersuchung zunächst nur noch als Spur. »Wo etwas nur (noch) als Spur sich zeigt,« schreibt Sybille Krämer, »sind wir konfrontiert mit einer uneinholbaren Ferne, einer unüberwindbaren Absenz, einer konstitutiven Unzugänglichkeit oder einem unwiederbringlichen Vergangensein.«¹³ Da das, was sie zeigen, nicht mit der menschlichen Wahrnehmung abgleichbar war, waren die fotografischen Spuren unsichtbarer Strahlen, von denen im Folgenden

⁹ Hans-Jörg Rheinberger, »Objekt und Repräsentationen«, in: Bettina Heintz u. Jörg Huber (Hgg.), *Mit dem Auge denken. Strategien der Sichtbarmachung in wissenschaftlichen und virtuellen Welten*, Zürich u. New York 2001, S. 55–61: 57.

¹⁰ Hans-Jörg Rheinberger, »Von der Zelle zum Gen. Repräsentationen der Molekularbiologie«, in: Hans-Jörg Rheinberger, Michael Hagner u. Bettina Wahrig-Schmidt (Hgg.), *Räume des Wissens. Repräsentation, Codierung, Spur*, Berlin 1997, S. 265–280.

¹¹ Hans-Jörg Rheinberger, »Spurenlesen im Experimentalsystem«, in: Gernot Grube, Sybille Krämer u. Werner Kogge (Hgg.), *Spur. Spurenlesen als Orientierungstechnik und Wissenskunst*, Frankfurt a. M. 2007, S. 293–308: 298.

¹² Sybille Krämer, »Immanenz und Transzendenz der Spur. Über das epistemologische Doppelleben der Spur«, in: Gernot Grube, Sybille Krämer u. Werner Kogge (Hgg.), *Spur. Spurenlesen als Orientierungstechnik und Wissenskunst*, Frankfurt a. M. 2007, S. 155–181: 164.

¹³ Ebd., S. 156–157.

die Rede sein wird, zunächst keine selbstevidenten Bilder. Die vorliegende Untersuchung geht der Frage nach, wie diese Bilder, von denen Peter Geimer sagt, sie sähen aus wie Bildstörungen, dennoch Sinn erzeugen konnten.¹⁴ Welchen Anforderungen mussten die Visualisierungen genügen, um eine neu entdeckte Strahlung zu etablieren? Was unterschied wissenschaftliche Aufzeichnungen, die als überindividuelle »Ikonen« eines Wissensgebietes in andere Forschungskontexte übertragen wurden,¹⁵ von jenen, die als Störungen des Verfahrens entlarvt wurden?

Forschungsstand

Auf vereinzelte Studien aus den 1970er und 1980er Jahren, in denen die Rolle der Fotografie als Medium wissenschaftlicher Visualisierungen erstmals in den Fokus der Aufmerksamkeit rückte,¹⁶ folgten in den 1990er Jahren Untersuchungen und Ausstellungen, die sich im Rahmen einer breiteren Auseinandersetzung mit wissenschaftlicher und »okkulten«¹⁷ Fotografie, mit der Sichtbarmachung unsichtbarer Strahlen auseinandersetzten.¹⁸ Im Zentrum dieser Untersuchungen stand zumeist

¹⁴ Peter Geimer, »Was ist kein Bild? Zur ›Störung der Verweisung‹«, in: ders. (Hg.), *Ordnungen der Sichtbarkeit. Fotografie in Wissenschaft, Kunst und Technologie*, Frankfurt a. M. 2002, S. 313–341: 328–329.

¹⁵ Vgl. dazu »Bildbeschreibungen. Eine Stilgeschichte technischer Bilder? Ein Interview mit Horst Bredekamp«, in: Horst Bredekamp, Birgit Schneider u. Vera Dünkel (Hgg.), *Das technische Bild: Kompendium für eine Stilgeschichte wissenschaftlicher Bilder*, Berlin 2008, S. 36–47: 45.

¹⁶ So zum Beispiel Jean Clair u. Michel Frizot (Hgg.), *E. J. Marey. 1830/1904, la photographie du mouvement*, Ausstellungskatalog Centre National d'Art et de Culture Georges Pompidou u. Musée National d'Art Moderne Paris 1977, Jon Darius, *Beyond Vision. One Hundred Historic Scientific Photographs*, Oxford u. New York 1984.

¹⁷ Der Begriff Okkultismus leitet sich vom lateinischen *occultum* für das Verborgene, Geheime, Unbekannte ab. Der Okkultismus befasst sich mit übersinnlichen Kräften und unbekanntem Erscheinungen, die in der Natur und der menschlichen Seele vorkommen können und die von der Naturwissenschaft nicht anerkannt sind. Vgl. Eberhard Bauer, »Spiritismus und Okkultismus«, in: Veit Loers (Hg.), *Okkultismus und Avantgarde. Von Munch bis Mondrian 1900–1915*, Ausstellungskatalog Schirn Kunsthalle Frankfurt a. M., Ostfildern 1995, S. 60–80 sowie ders., »Die Welt des Paranormalen und ihre wissenschaftliche Erforschung«, in: Andreas Resch (Hg.), *Aspekte der Paranormologie. Die Welt des Außergewöhnlichen*, Innsbruck 1992, S. 243–284.

¹⁸ Rolf H. Krauss, *Jenseits von Licht und Schatten. Die Rolle der Photographie bei bestimmten paranormalen Phänomenen, ein historischer Abriss*, Marburg 1992, Ann Thomas (Hg.), *Beauty of Another Order. Photography in Science*, Ausstellungskatalog National Gallery of Canada Ottawa, New Haven u. London 1997, Veit Loers (Hg.), *Okkultismus und Avantgarde. Von Munch bis Mondrian 1900–1915*,

die Zeit um 1900, für die Christoph Asendorf konstatiert, dass in ihr Entdeckungen gemacht wurden, die »fundamentale Gewissheiten der Wahrnehmung und Physik ins Wanken«¹⁹ brachten und das Bild der Materie nachhaltig verändern sollten. Als Beispiele für diese Entdeckungen nennt Asendorf nicht nur Röntgenstrahlen und Radioaktivität, sondern auch die von Karl Ludwig von Reichenbach propagierte Od-Strahlung, eine dem »thierischen Magnetismus« Franz Anton Mesmers verwandte Lebenskraft. Gemeinsam ist all diesen Strahlen, und dieser Aspekt bleibt bei Asendorf unberücksichtigt, dass die fotografische Schicht als Medium ihrer Visualisierung eingesetzt wurde.

In einem Kapitel seines 1990 erschienen Buches *L'acte photographique et autres essais* mit dem Titel »Le corps et ses fantômes« geht Phillipe Dubois auf die Experimente des französischen Nervenarztes Hippolyte Baraduc ein, in denen dieser versuchte Gefühle und Gedanken, die er als das »Licht der Seele« bezeichnete, fotografisch zu fixieren.²⁰ Mit dem Hinweis auf Baraduc macht Dubois deutlich, dass auch eine fotografische Aufzeichnung kein Garant für die Existenz einer Entität darstellt. Da sie nur indirekt wie eine Spur auf ihren Referenten verweist, bestehe immer die Gefahr, dass das, was sich auf der fotografischen Schicht manifestiert, fehlgedeutet wird.

In den 2000er Jahren kommt den fotografischen Sichtbarmachungen unsichtbarer Strahlen im Kontext einer wissenschaftshistorisch und bildwissenschaftlich geprägten Reflexion über den Status von Bildern in den Naturwissenschaften²¹ verstärkte Aufmerksamkeit zu. Die Ge-

Ausstellungskatalog Schirn Kunsthalle Frankfurt a. M., Ostfildern 1995, Andreas Fischer u. Veit Loers (Hgg.), *Im Reich der Phantome. Fotografie des Unsichtbaren*, Ausstellungskatalog Kunsthalle Krems, Fotomuseum Winterthur u. Museum am Abteiberg Mönchengladbach, Ostfildern-Ruit 1997, Michel Frizot, »Das absolute Auge. Die Formen des Unsichtbaren«, in: ders. (Hg.), *Neue Geschichte der Fotografie*, Köln 1998 [1994], S. 272–284.

¹⁹ Christoph Asendorf, *Ströme und Strahlen. Das langsame Verschwinden der Materie um 1900*, Gießen 1989, S. 142.

²⁰ Philippe Dubois, »Le corps et ses fantômes. Notes sur quelques fictions photographiques dans l'icônographie scientifique de la seconde moitié du 19ème siècle«, in: ders. (Hg.), *L'acte photographique et autres essais*, Brüssel 1990, S. 207–224.

²¹ Wegweisend war die von Michael Lynch und Steve Woolgar herausgegebene Anthologie zu naturwissenschaftlichen Repräsentationstechniken. Michael Lynch u. Steve Woolgar (Hgg.), *Representation in Scientific Practice*, Cambridge u. London 1990, ebenfalls mit verschiedenen Formen der Repräsentation befassen sich Hans-Jörg Rheinberger, Michael Hagner und Bettina Wahrig-Schmidt in ihrem 1997 herausgegebenen Sammelband *Räume des Wissens*. Dabei weiten sie den Blick auf die Erzeugung von Spuren und deren Codierung in der naturwissenschaftlichen Praxis. Hans-Jörg Rheinberger, Michael Hagner u. Bettina Wahrig-Schmidt (Hgg.), *Räume*

fahr der Fehlinterpretation, die der fotografischen Visualisierung unsichtbarer Phänomene innewohnt und die bereits von Philippe Dubois thematisiert wurde, wird von Peter Geimer und Clément Chéroux in diversen Publikationen aufgegriffen und herausgearbeitet. In seinem 2003 erschienenen Buch *Fautographie. Petit histoire de l'erreur photographique* stellt Chéroux die These auf, dass eine Fotografie, die nicht mimetisch ist, als missglückt empfunden wird.²² Unter Bezugnahme auf die an der Wende vom 19. zum 20. Jahrhundert verbreiteten Versuche, Gefühle und Gedankenströme fotografisch zu fixieren, verweist Chéroux auf die problematische Deutung fotografischer Fehler als Spuren einer nichtsichtbaren Ausstrahlung. Richtig gedeutet können Störungen, so Chéroux, zu wissenschaftlichen Entdeckungen führen, fehlgedeutet wurden sie herangezogen, um zweifelhafte Theorien zu belegen.²³

des Wissens. Repräsentation, Codierung, Spur, Berlin 1997. Ebenfalls erwähnt werden soll die von Caroline A. Jones und Peter Galison publizierte Anthologie *Picturing Science, Producing Art* in der die Autoren Kunst und Wissenschaft als historisch und kulturell determiniert begreifen. Caroline A. Jones u. Peter Galison (Hgg.), *Picturing Science, Producing Art*, New York u. London 1998. Bettina Heintz und Jörg Huber werfen in dem Sammelband *Mit dem Auge denken. Strategien der Sichtbarmachung in wissenschaftlichen und virtuellen Welten* die Frage auf, ob naturwissenschaftliche Visualisierungen als Bilder bezeichnet werden können oder ob sie eine eigene Struktur haben, die nach eigenen Analysemethoden verlangt. Bettina Heintz u. Jörg Huber (Hgg.), *Mit dem Auge denken. Strategien der Sichtbarmachung in wissenschaftlichen und virtuellen Welten*, Zürich u. New York 2001. David Gugerli und Barbara Orland rücken technische Bilder in den Mittelpunkt ihrer Auseinandersetzung. In dem Sammelband *Ganz normale Bilder. Historische Beiträge zur visuellen Herstellung von Selbstverständlichkeit* befragen sie die unsichtbaren Herstellungsprozesse apparativer Bilder, die sichtbar gemacht werden müssen, wenn man diese Bilder analysieren möchte. David Gugerli u. Barbara Orland (Hgg.), *Ganz normale Bilder. Historische Beiträge zur visuellen Herstellung von Selbstverständlichkeit*, Zürich 2002. Die von Martina Heßler herausgegebene Anthologie *Konstruierte Sichtbarkeiten. Wissenschafts- und Technikbilder seit der Frühen Neuzeit* wirft Fragen nach der Objektivität, Konstruiertheit oder Manipulierbarkeit von Bildern auf, Martina Heßler (Hg.), *Konstruierte Sichtbarkeiten. Wissenschafts- und Technikbilder seit der Frühen Neuzeit*, München 2006. Mit Fragen zur Rolle von Wissenschaftsbildern in Wissenschaft und Öffentlichkeit befasst sich der von Bernd Hüppauf und Peter Weingart herausgegebene Sammelband *Frosch und Frankenstein. Bilder als Medium der Popularisierung von Wissenschaft*. Peter Weingart u. Bernd Hüppauf (Hgg.), *Frosch und Frankenstein. Bilder als Medium der Popularisierung von Wissenschaft*, Bielefeld 2009.

²² Clément Chéroux, *Fautographie. Petit histoire de l'erreur photographique*, Crisnée 2003, S. 176. Zu diesem Aspekt vgl. auch die Rezension von Herta Wolf, »Fehler der Fotografie. Clément Chéroux: Fautographie. Petite histoire de l'erreur photographique«, in: *Camera Austria*, Nr. 88, 2004, S. 90–91.

²³ Vgl. dazu Clément Chéroux, »Die Photographie des Fluidums oder die Fehler des Entwicklers«, übers. v. Eva Stadler-Courtin, in: Sabine Haupt u. Ulrich Stadler (Hgg.),

Auch Peter Geimer thematisiert in zahlreichen Veröffentlichungen²⁴ die gestörte Verweisfunktion fotografischer Visualisierungen unsichtbarer Strahlen. Dadurch, dass die fotografischen Aufzeichnungen unsichtbarer Phänomene nicht mit eigenen Seheindrücken abgeglichen werden konnte, führten sie »die Wissenschaftler in die Merkwelt der Artefakte«,²⁵ in der es »offenbar nicht mehr umstandslos möglich war, Fakten von Artefakten, Repräsentationen von Störungen zu unterscheiden.«²⁶ In wissenschaftlichen Fotografien deren Referent nicht sichtbar ist, werden fotografische »Spuren nicht eigentlich ›hergestellt‹«, so Geimer, »sondern vorsätzlich – aber gleichwohl unkontrollierbar – zum Vorschein gebracht.«²⁷ In Anlehnung an die Ergebnisse Geimers fragt die vorliegende Untersuchung, ob die fotografischen Visualisierungen unsichtbarer Strahlen tatsächlich so unkontrollierbar hervorgebracht wurden, ob sie wirklich »unkomponierbare«²⁸ Spuren waren oder ob sie nicht vielmehr nur dann als evidente Zeugnisse einer unsichtbaren Strahlung auftreten und die Anerkennung der wissenschaftlichen Gemeinschaft gewinnen konnten, wenn sie kontrolliert hervorgebracht und den Darstellungskonventionen des Wissensgebiets entsprechend komponiert worden waren.

Das Unsichtbare sehen. Bildzauber, optische Medien und Literatur, Zürich, Wien u. New York 2007, S. 181–198; 195, sowie ders., »La photographie des fluides ou les lapsus du révélateur«, in: Arielle Péleuc (Hg.), *Vision machine*, Ausstellungskatalog Musée des Beaux-Arts Nantes, Paris 2000, S. 8–27; 20.

²⁴ Peter Geimer, »L'autorité de la photographie. Révélations d'un suaire«, in: *Études photographiques*, Nr. 6, 1999, S. 67–99; ders., »Noise or Nature. Photography of the Invisible Around 1900«, in: Helga Nowotny u. Martina Weiss (Hgg.), *Shifting Boundaries of the Real. Making the Invisible Visible*, Zürich 2000, S. 119–135; ders., »Bild und Bildstörung. Wissen im ›Modus der Aufdringlichkeit‹«, in: Renate Lachmann u. Stefan Rieger (Hgg.), *Text und Wissen: Technologische und anthropologische Aspekte*, Tübingen 2003, S. 91–104; ders., »Was ist kein Bild? Zur ›Störung der Verweisung‹«, in: ders. (Hg.), *Ordnungen der Sichtbarkeit. Fotografie in Wissenschaft, Kunst und Technologie*, Frankfurt a. M. 2002, S. 313–341; ders., »Bilder ohne Vorbilder. Versuch über die Blackbox«, in: Sabine Haupt u. Ulrich Stadler (Hgg.), *Das Unsichtbare sehen. Bildzauber, optische Medien und Literatur*, Zürich, Wien u. New York 2007, S. 161–180; ders., »Das Bild als Spur. Mutmaßung über ein untotes Paradigma«, in: Gernot Grube, Sybille Krämer u. Werner Kogge (Hgg.), *Spur. Spurenlesen als Orientierungstechnik und Wissenskunst*, Frankfurt a. M. 2007, S. 95–120.

²⁵ Geimer, »Was ist kein Bild? Zur ›Störung der Verweisung‹«, S. 328.

²⁶ Ebd., S. 341.

²⁷ Geimer, »Das Bild als Spur. Mutmaßung über ein untotes Paradigma«, S. 112.

²⁸ Ebd., S. 118.

Indizieren

In der fotografischen Aufzeichnung unsichtbarer Strahlen kommt dem Aspekt, dass wissenschaftliche Fotografien diese Strahlungen nicht nur bildlich *repräsentieren*, sondern zudem ihre Anwesenheit zum Zeitpunkt der Aufnahme *indizieren*, wesentliche Bedeutung zu. Diese mediale Implikation der Fotografie als »Photometer« beziehungsweise »Photon-Counter«²⁹ wie Michel Frizot es in seinem Aufsatz »Who's afraid of Photons« nennen sollte, zu fungieren, machte sie zum idealen Instrument der Untersuchung der Natur des Lichts. Der engen Verbindung zwischen der Erforschung des Lichts und der Entwicklung der Fotografie widmet sich John P. McElhone in seinem Aufsatz »The Signature of Light. Photo-Sensitive Materials in the Nineteenth Century«.³⁰ Die Untersuchung von Silberchlorid und anderen fotosensiblen Substanzen führte, so McElhone, im 19. und 20. Jahrhundert zu wichtigen Erkenntnissen über die chemischen Wirkungen und physikalischen Eigenschaften des Lichts. Die Tatsache, dass Silberchlorid nicht nur durch sichtbares Licht sondern auch durch ultraviolette Strahlen, Röntgen- und radioaktive Strahlen beeinflusst wird, führte, wie McElhone ausführt, zu weiteren wichtigen Erkenntnissen.

Herta Wolf, die mehrfach darauf verwiesen hat, dass die Entdeckung der Fotografie wesentlich mit der im 19. Jahrhundert getätigten Forschung zur Natur des Lichts verknüpft ist,³¹ macht am Beispiel der fotografischen Versuche Joseph Nicéphore Niépces und William Henry Fox Talbots deutlich, dass das ikonische Moment in jenen Experimenten, die zur Entwicklung der Fotografie führen sollten, von untergeordnetem Interesse war.³² Wesentlicher als die Generierung von Bildern war den Experimentatoren die Erprobung optischer und chemischer Verfahrenswei-

²⁹ Michel Frizot, »Who's Afraid of Photons?«, übers. v. Kim Timby, in: James Elkins (Hg.), *Photography Theory*, New York u. London 2007, S. 269–283; 276

³⁰ John P. McElhone, »The Signature of Light. Photo-Sensitive Materials in the Nineteenth Century«, in: Ann Thomas (Hg.), *Beauty of Another Order. Photography in Science*, Ausstellungskatalog Ottawa National Gallery of Canada, New Haven u. London 1997, S. 60–75.

³¹ Vgl. dazu Herta Wolf, »Die Augenmetapher der Fotografie«, in: Claus Pias (Hg.), *medien³. Neue Vorträge zur Medienkultur*, Weimar 2000, S. 201–231; dies., »Das Licht im Dienste der Wissenschaft. Herausforderung Venusdurchgang 1874, Licht = Fotografie und Fotografie des Lichts«, in: Lorenz Engell, Bernhard Siegert u. Joseph Vogl (Hgg.), *Licht und Leitung*, Weimar 2002, S. 85–100; dies., »Pröbeln und Musterbild – die Anfänge der Fotografie«, in: Torsten Hoffmann u. Gabriele Rippl (Hgg.), *Bilder. Ein (neues) Leitmedium*, Göttingen 2006, S. 111–127.

³² Wolf, »Pröbeln und Musterbild – die Anfänge der Fotografie«.

sen. Zudem weist Wolf darauf hin, dass die Pioniere und Propagatoren der Fotografie wie François Arago, Joseph Louis Gay-Lussac oder auch John Herschel photometrische Versuche angestellt und sich in diesem Kontext mit der Lichtempfindlichkeit verschiedener fotografischer Substanzen beschäftigt haben.³³ Fotografie, Photometrie und Fotochemie, so zeigt Wolf, sind untrennbar miteinander verknüpft.

In *Mapping the Spectrum*, einer 2002 erschienenen Abhandlung die sich mit der visuellen Kultur der Spektroskopie befasst,³⁴ geht Klaus Hentschel auf die Bedeutung der Fotografie für die Photometrie und die Untersuchung des Sonnenspektrums ein. In welchem Umfang die sichtbaren und unsichtbaren Bereiche des Sonnenspektrums aufgezeichnet werden konnten, hing, wie Hentschel ausführt, wesentlich vom verwendeten fotografischen Material ab.³⁵ In dem 2007 erschienenen Buch *Unsichtbares Licht? Dunkle Wärme? Chemische Strahlen?* weitet Hentschel seinen Blick von der Untersuchung und Visualisierung des Sonnenspektrums auf eine Vielzahl der im 19. und 20. Jahrhundert entdeckten Strahlen und auf die Versuche, sie zu klassifizieren und in bestehende Strahlenkonzepte einzubinden. Unter der Überschrift »Neuordnung des Wissens über Licht und Wärme 1800-50« kommt Hentschel auf den Einfluss fotosensibler Chemikalien für die Untersuchung der chemischen Wirkung des Lichts und der Wärme, auf die Interaktion zwischen der Untersuchung von sichtbarem Licht und unsichtbarer Strahlung als auch auf die Entwicklung und den Einsatz verschiedener fotografischer Verfahren zu sprechen.³⁶

Auf die Bedeutung der Fotografie für die im frühen 20. Jahrhundert getätigten Untersuchungen zur Radioaktivität verweist Kelley Wilder in *Photography and Science*.³⁷ Forscher wie Henri Becquerel, so Wilder, nutzten die Fotografie jedoch nicht nur als Indikator, sondern auch als Repräsentation der von ihnen untersuchten Strahlen. So dienten die

³³ Wolf, »Die Augenmetapher der Fotografie«.

³⁴ Auf Hentschels Publikation aufbauend beschäftigt sich auch Kelley Wilder mit der Bildlichkeit fotografischer Spektren. Kelley Wilder, »Photography Absorbed«, in: Matthias Bruhn (Hg.), *Bilder ohne Betrachter*, Berlin 2006 [*Bildwelten des Wissens. Kunsthistorisches Jahrbuch für Bildkritik* 4. Jg., Nr. 2], S. 43–53.

³⁵ Klaus Hentschel, *Mapping the Spectrum. Techniques of Visual Representation in Research and Teaching*, Oxford 2002, S. 176–276.

³⁶ Klaus Hentschel, *Unsichtbares Licht? Dunkle Wärme? Chemische Strahlen? Eine wissenschaftshistorische und -theoretische Analyse von Argumenten für das Klassifizieren von Strahlungssorten 1650–1925 mit Schwerpunkt auf den Jahren 1770–1850*, Diepholz, Stuttgart u. Berlin 2007, S. 487–514.

³⁷ Wilder, *Photography and Science*, S. 61–65.

»Spuren« gleichzeitig als Nachweis und Illustration der unsichtbaren radioaktiven Strahlung.³⁸

Visualisieren

Dass fotografische Aufzeichnungen unsichtbarer Strahlen nicht nur als indexikalischer Nachweis sondern auch als bildliche Repräsentation verstanden werden müssen, wurde vor allem im Hinblick auf die Röntgenfotografie thematisiert, in der das ikonische Element des durchleuchteten Körpers stets ein integraler Bestandteil der Visualisierung war. Dass Radiographien³⁹ trotz ihres ikonischen Elements nicht selbstevident waren, darauf verweist Monika Dommann. Die Bedeutung der Röntgenbilder erschließt sich, so Dommann, »nicht auf den ersten Blick, sondern ist das Ergebnis von Kommunikations- und Lernprozessen innerhalb der *scientific community*.«⁴⁰ Erst das Wissen um die genauen Herstellungsprozesse und ein Konsens bezüglich der Interpretation ermöglichten es

³⁸ »In this way, photographs could be used both as evidence of the physical characteristics of the radiation and as illustration of it.« Ebd., S. 64.

³⁹ Der Begriff der *Radiographie*, der sich aus dem lateinischen *radius* (Strahl) und dem griechischen *graphein* (schreiben) zusammensetzt und der zunächst nur die durch Röntgenstrahlen generierten Visualisierungen bezeichnen sollte, wurde nach 1895 auf alle fotografischen Visualisierungen unsichtbarer Strahlen übertragen. Durch Radioaktivität erzeugte Fotografien wurden ebenso als Radiographien bezeichnet wie die fotografischen Bilder von Okkultisten und Grenzwissenschaftlern. Sich auf die sogenannte Gedankenfotografie beziehend schrieb Friedrich Feerhow in dem von ihm herausgegebenen *Zentralblatt für Okkultismus*: »Es sei mir gestattet, hier eine kleine Bemerkung bezüglich der Nomenklatur solcher Versuche einzufügen. Es ist natürlich der Einfachheit halber gestattet, kurzweg ›Odpographien‹ oder ›Emanationsphotographien‹ zu sagen. Aber man darf dies nicht mit der selbstverständlichen Voraussetzung tun, als ob es sich um ›Lichtaufschreibung‹ (so heißt das Wort ›Photographie‹ zu deutsch) im gewöhnlichen Sinne handelte. Ebenso wenig kann man nicht von vorneherein von ›photochemischen‹ Wirkungen schlechtweg sprechen, denn es ist zum mindesten eine andere Art von Licht- oder chemischen Strahlen, als wir sie sonst beim Photographieren verwenden. Am sichersten geht man daher, wenn man diese Verfahren insgesamt als ›Strahlenaufzeichnung‹ oder ›Radiographie‹ benennt.« Friedrich Feerhow [d.i. Friedrich Wehofer], »Professor Benedikt und die Reichenbachschen Emanationen«, in: *Zentralblatt für Okkultismus. Monatsheft zur Erforschung der gesamten Geheimwissenschaften*, 9. Jg., Nr. 1, Juli 1915, S. 419–422: 420.

⁴⁰ Monika Dommann, »Das Röntgen-Sehen muss im Schweisse der Beobachtung gelernt werden«. Zur Semiotik von Schattenbildern«, in: Monika Dommann u. Marietta Meier (Hgg.), *Wissenschaft, die Bilder schafft. Science en images*, Zürich 1999 [traverse. *Zeitschrift für Geschichte, Revue d'histoire*, 6. Jg., Nr. 3, 1999], S. 114–129: 116.

Röntgenoperatoren, gesicherte wissenschaftliche Erkenntnisse von den Radiographien abzuleiten.

Das bildliche Moment von Radiographien steht im Zentrum verschiedener Studien Vera Dünkels. Dünkel verweist darauf, dass die »Faszination an einer neuen Sichtbarkeit«⁴¹ die Generierung früher Röntgenaufnahmen prägte. Viele Röntgenbilder aus der Zeit um 1900 sind, so Dünkel, »frei von bestimmten Anwendungszwecken«.⁴² Dünkel beschreibt eine nahezu absichtlose Bildproduktion, ein »zum Teil spielerisches Experimentieren mit der Technik«,⁴³ in der jeder nur denkbare Gegenstand radiographisch durchleuchtet wurde. Dass trotz der »erstaunlichen Vielfalt an Motiven«,⁴⁴ die Dünkel für die Frühzeit der Radiographie ausmacht, eine Häufung bestimmter Bildgegenstände auszumachen ist, belegt die vorliegende Arbeit. Diese Häufung einzelner Motive sowie ihr Auftauchen in unterschiedlichen Forschungskontexten macht deutlich, dass Evidenz nicht zuletzt durch Konvention erzeugt wird.⁴⁵

Aufbau der Arbeit

Im Zentrum der Untersuchung steht der Einsatz fotochemisch generierter Visualisierungen nichtsichtbarer Strahlen in den Naturwissenschaften und dem wissenschaftlichen Okkultismus⁴⁶ des 19. und frühen 20. Jahr-

⁴¹ Vera Dünkel, »Die Fotografie mit Röntgenstrahlen. Hermann Krones Rezeption des Mappenwerks von Walter König und die Ikonographie der frühen Röntgenbilder«, in: Andreas Krase u. Agnes Matthias (Hgg.), *Wahr-Zeichen. Fotografie und Wissenschaft*, Ausstellungskatalog Museen der Stadt Dresden u. Technische Sammlung Dresden, 2006, S. 45–46: 46.

⁴² Ebd.

⁴³ Vera Dünkel, »Röntgenblick und Schattenbild. Zur Spezifik der frühen Röntgenbilder und ihrer Deutung um 1900«, in: Horst Bredekamp, Birgit Schneider u. Vera Dünkel (Hgg.), *Das technische Bild: Kompendium für eine Stilgeschichte wissenschaftlicher Bilder*, Berlin 2008, S. 136–147: 137.

⁴⁴ Ebd., S. 141.

⁴⁵ Vgl. Martina Heßler, »Der Imperativ der Sichtbarmachung. Zur Bildgeschichte des Unsichtbaren«, in: Matthias Bruhn (Hg.), *Bilder ohne Betrachter*, Berlin 2006 [*Bildwelten des Wissens. Kunsthistorisches Jahrbuch für Bildkritik*, 4. Jg., Nr. 2], S. 69–79: 76.

⁴⁶ Im Zentrum des wissenschaftlichen Okkultismus des 19. Jahrhunderts standen immaterielle, übersinnliche Kräfte, die nicht nur durch okkulte Praktiken, sondern auch durch Untersuchungsmethoden, die den exakten Wissenschaften entlehnt sind, beleuchtet werden sollten. Die Gründung der *Theosophischen Gesellschaft* durch Helena Blavatsky und Henry Steel Olcott gab dem Okkultismus in Europa ab 1875 eine institutionelle Form. Vgl. dazu Friedemann Stengel, »Okkultismus«, in: Friedrich Jaeger (Hg.), *Enzyklopädie der Neuzeit*, Bd. 9, Stuttgart u. Weimar 2009, S. 376–378.

hunderts. Der Blick soll dabei auf die Bedingungen gelenkt werden, unter denen diese Visualisierungen in wissenschaftlichen Laboren entstanden, sowie auf die Verbreitung dieser Visualisierungen in Fachpublikationen und populären Werken. Wie gelang es Forschern im 19. und beginnenden 20. Jahrhundert, mit Hilfe von (proto)fotografischen Verfahren unsichtbare Phänomene wie das Ultraviolett, die Kathoden- und Röntgenstrahlen oder die Radioaktivität aufzuzeichnen? Wie wurden diese Fotogramme des Unsichtbaren zu evidenten Zeichen, die innerhalb der wissenschaftlichen Gemeinschaft nicht nur akzeptiert, sondern auch kopiert wurden?

In den drei Hauptkapiteln der Arbeit, die sich mit den Voraussetzungen, den Produktionsbedingungen und der Verbreitung fotochemisch generierter Visualisierungen beschäftigen, soll die Frage beantwortet werden wie fotogramatische Visualisierungen zu »Gegenständen empirischen Wissens«⁴⁷ wurden.

Im ersten Kapitel möchte ich zeigen, dass bereits der profotografische Einsatz lichtempfindlicher Silberverbindungen im Kontext der Erforschung der chemischen Eigenschaften des Lichts maßgeblich für die Etablierung der Fotografie als Indikatormedium in den Naturwissenschaften war. In diesem Zusammenhang stelle ich einige profotografische Versuche Johann Wilhelm Ritters, William Hyde Wollastons und Thomas Youngs vor, in denen der »Farbumschlag« des auskopierten Hornsilbers als Indikator der unsichtbaren, aber chemisch aktiven ultravioletten Strahlung eingesetzt wurde.⁴⁸ Die Evidenz der erhaltenen Visualisierung, so die These, war an die Beobachtbarkeit der chemischen Reaktion gekoppelt. Das langsame Auskopieren des Hornsilbers zu photolytischem Silber ermöglichte es den Forschern, Ursache und Wirkung der Reaktion durch direkte Beobachtung in Verbindung zu bringen. Erst die auf latenten Bildern basierenden Verfahren wie die Kalotypie oder Daguerreotypie sollten diese direkte Beobachtbarkeit zugunsten einer höheren Lichtempfindlichkeit einbüßen.

⁴⁷ Hans-Jörg Rheinberger, *Historische Epistemologie zur Einführung*, Hamburg 2007, S. 12.

⁴⁸ Der Fotorestauratorin Kerstin Bartels danke ich für ihre Hinweise zur direkten Schwärzung des photolytischen Silbers. Vgl. dazu James M. Reilly, *Care and Identification of 19th Century Photographic Prints*, Rochester 1986, S. 1; Bertrand Lavédrine, Jean-Paul Gandolfo u. Sybille Monod (Hgg.), *(Re)connaître et conserver les photographies anciennes*, Paris 2007, S. 120.

Das zweite Kapitel zeigt, dass Wissenschaftler, die in ihren Versuchen Verfahren einsetzten, deren zunächst latente Bilder in einem späteren Schritt entwickelt werden mussten, stets damit zu kämpfen hatten, dass sie nicht wussten, wann und wodurch die fotografische Platte beeinflusst worden war. Um nicht nur Spuren der vermuteten Strahlen aufzuzeichnen, sondern evidente Bilder zu erstellen, mussten Forscher wie Wilhelm Conrad Röntgen oder Henri Becquerel wiederholbare und anschauliche⁴⁹ Aufnahmen generieren, da nur diese zu stabilen Wissensträgern werden konnten.

Im dritten und letzten Kapitel versuche ich schließlich aufzuzeigen, dass Bilder, die als evident eingestuft wurden, von anderen Wissenschaftlern aufgegriffen, kopiert und sogar in andere Forschungskontexte überführt wurden. So finden sich beispielsweise durchleuchtete Frösche oder Innenansichten von Portemonnaies sowohl auf Röntgenbildern als auch auf mit Hilfe von Radioaktivität erstellten Repräsentationen. Bei den in diesem Kapitel untersuchten Visualisierungen handelt es sich zumeist um fotomechanische Reproduktionen von Radiographien wie sie sich in Fachpublikationen des 19. und beginnenden 20. Jahrhunderts finden lassen. Erst durch die Reproduktion in Zeitschriften und Bücher wurden diese Aufnahmen einem größeren Kreis von Wissenschaftlern zugänglich gemacht und so kannte das Gros der interessierten Öffentlichkeit die Bilder nur in dieser reproduzierten Form.⁵⁰ Übernahmen Forscher des 19. und frühen 20. Jahrhunderts die Motive, die ihnen aus bereits publizierten Aufnahmen bekannt waren, so diente dies, so die These, der Markierung einer Zugehörigkeit zu einem bestimmten wissenschaftlichen Bezugsrahmen, einem »Denkkollektiv« im Sinne des Wissenschaftshistorikers Ludwik Fleck.⁵¹

⁴⁹ Das Lexikon der Physik definiert Anschaulichkeit als »Eigenschaft physikalischer Begriffe oder Modelle, die direkt mit Wahrnehmungen, Beobachtungen oder Handlungen korreliert sind und daher unmittelbar verständlich erscheinen.« »Anschaulichkeit«, in: *Lexikon der Physik* [CD-Rom], Bd. 1, Heidelberg 1999.

⁵⁰ Vgl. Jennifer Tucker, *Nature Exposed. Photography as Eyewitness in Victorian Science*, Baltimore 2005, S. 8 u. 22–26, sowie dies., »Die gesellschaftliche Prägung des fotografischen Blicks«, in: Corey Keller (Hg.), *Fotografie und das Unsichtbare 1840–1900*, Ausstellungskatalog San Francisco Museum of Modern Art u. Albertina Wien, Wien 2009, S. 37–49.

⁵¹ Ludwik Fleck, *Entstehung und Entwicklung einer wissenschaftlichen Tatsache*, hg. v. Lothar Schäfer u. Thomas Schnelle, Frankfurt a. M. 1980 [1935].