

Bilder der Bewegung

Sexualität im Zellkern um 1900 und nach 2000

In welcher komplexen Art auch immer die Instrumente der Biowissenschaften gestaltet sein mögen, sie alle dienen primär dazu, unseren Sinnen Phänomene zugänglich zu machen, die sonst außerhalb unserer Wahrnehmung lägen.¹ In den meisten Fällen wird der visuelle Sinn bevorzugt, dem etwa das Mikroskop zuspielt.² Davon werden heutige Methoden der digitalen Bildgebung meist scharf unterschieden – nach Schröter wurde die Trennung von analog und digital zur medientheoretischen Leitdifferenz der vergangenen Jahrzehnte.³

Die vorliegende Analyse gilt einem fragmentarischen Vergleich der visuellen Laborkultur des späten 19. Jahrhunderts mit jener der Zeit nach 2000 und stellt dabei eine solche Differenz in Frage. Zwar mag eine vergleichende Analyse über den Zeitraum eines Jahrhunderts hinweg problematisch erscheinen, doch die Gegenüberstellung dieser zwei Forschungskulturen zeigt mehrere gemeinsame Fragestellungen auf, wie im Folgenden ausgeführt wird. Darüber hinaus behandelt der Vergleich zwei Momente der Änderung in der Technik der Bildgebung (oder des Verzichtes auf sie), die miteinander in einen epistemologischen und instrumentengeschichtlichen Zusammenhang gestellt werden können. Der Zusammenhang bezieht sich auf das Verhältnis

1 So etwa Rheinberger 2003.

2 Siehe Hacking 1985; Allchin 1999; Lynch 1985; Latour 1986.

3 Siehe Schröter 2004.

von Bildlichkeit, Zeit und Raum in der biologischen Zelle im Feld der an Vererbung interessierten Zeugungsforschung: In den 1870er-Jahren machten sich in der Forschungsmethodologie zu Befruchtung erste Abstrahierungen bemerkbar. Eine Verschiebung weg von der als Beobachtung des ›real‹ lebenden Objekts propagierten Methode hin zur Produktion von eingefärbten und fixierten Objekten, die dann in ihrem zeitlichen Ablauf angeordnet werden können. Hiervon handelt der folgende zweite Abschnitt dieses Beitrags, ausgeführt am Beispiel der von Oscar Hertwig 1876 veröffentlichten Studie zur Befruchtung. Er zeigt den Übergang von der Lebendbeobachtung zur Anfertigung von Proben, die von der organismischen Zeit unabhängig sind, in einer einzigen Studie. Im Gegensatz zu den meisten zwischen 1870 und 1900 durchgeführten mikroskopischen Studien über die Verschmelzung von Spermien- und Eizelle, der Verschmelzung der Nuklei oder der weiteren Entwicklung der Zelle ragt Hertwigs Studie als eine der ersten heraus, in denen die systematische Einfärbung und Fixierung von Objekten und die Erstellung einer Abfolge von Bildern angewandt, *en détail* diskutiert und zudem zur Lebendbeobachtung ins Verhältnis gesetzt wurde.

Dieser im Verlauf dann zunehmende Abstraktionsprozess unterstützt ein *methodisches* Beiseitelassen räumlich-zeitlicher Beobachtung, was schließlich im Moment der Herausbildung der Genetik insofern zum Programm gemacht wird, als die ›Geschichtlichkeit‹ der Lebewesen zugunsten eines an Adolphe Quetelet anschließenden quasi-strukturalistischen Programms der Kopplung von Genotyp und Phänotyp aus dem Fokus gerückt wird.⁴

Dies wird nach 2000 als Problem gesehen und in der inzwischen epigenetisch beeinflussten Reproduktionsgenetik angesprochen, wie im dritten Abschnitt genauer behandelt.

Der Beitrag beruht auf einer Analyse von Studien zu Befruchtung – einerseits aus der ›Vorphase der Genetik‹ zwischen 1870 und 1910 und andererseits solcher der Reproduktionsgenetik, die zwischen 1997 und 2011 veröffentlicht wurden – sowie einer Auswahl von Interviews mit führenden Forschungstätigen auf diesem Gebiet.⁵

Der Vergleich der frühen mikroskopischen Reproduktionsforschung Ende des 19. Jahrhunderts mit den Praktiken in den Jahren vor und nach 2000 zeigt, dass zeitlich-räumliche Phänomene, die seit der Verschiebung nach 1900 lange aus der Genetik ausgeschlossen waren, in den Jahren nach 2000 wieder aufscheinen und eine Vergleichbarkeit der Bildgebung mit sich bringen.

4 Vgl. Johannsen 1911; Kogge 2012; Rheinberger/Müller-Wille 2009.

5 Der Bereich der Reproduktionsgenetik wurde seit 1990 zunehmend durch entsprechend benannte Professuren und Publikationen mit dem Begriff im Titel als Forschungsfeld sichtbar.

Von der Norm der Lebendzeichnung zum ›Still-Leben‹ auf dem Objektträger

Intensiv widmete sich die wissenschaftliche Mikroskopie des 19. Jahrhunderts der Schulung des Blicks, der Handhabung des Instruments und der Perfektion des Zeichnens⁶ des im besten Fall lebenden Objekts.⁷ Bis in die 1870er-Jahre neigten zytologische Texte dazu, Bewegungen und Strukturen in lebhaften und bildreichen Worten zu beschreiben, welche die Lebendigkeit des Prozesses heraufbeschworen. Doch in späteren Jahren wurden diese wortreichen Beschreibungen zunehmend durch Kupferdrucke ersetzt. In den Publikationen der Reproduktionsforschung im späten 19. Jahrhundert wurde versichert, dass die Bilder aussagekräftiger seien als der reine Text und vertrauenswürdiger als bloße Worte.⁸ Die Vorreiterstellung des Visuellen mit den im Zuge dieser Argumentation entstandenen Repräsentationen der Forschungsergebnisse fand zunehmend den Weg in die wissenschaftlichen Publikationen, wie wir sie heute mit ihren vielen Abbildungen als üblich wahrnehmen.

Der Zoologe Oscar Hertwig, der bei Ernst Haeckel in Jena und bei dem Mikroskopiker Max Schultze in Bonn studiert hatte, nutzte diesen Trend zur Überzeugung seines Publikums auf sachliche Weise, und das in einem umstrittenen Feld: Seit den 1860er-Jahren wurde durch Studien bestätigt, dass bei der Befruchtung Spermien- und Eizelle miteinander verschmelzen, und auch Hertwig konnte mit einem Bericht dazu beitragen.⁹ Weiterhin unklar blieb aber die Frage, was mit den Nuklei während und nach der Befruchtung passierte, deren Auflösung der Pathologe Leopold Auerbach an einem lebenden Objekt beobachtet haben wollte.¹⁰ Zerfielen also die Nuklei womöglich direkt nach der Befruchtung oder verschmolzen sie und blieb dieser Nukleus im neuen Embryo bestehen? In seinem 1876 veröffentlichten detaillierten Bericht *Beiträge zur Erkenntnis der Bildung, Befruchtung und Theilung des thierischen Eies* verfolgt und beschreibt Hertwig die Bewegungen der Nuklei durch den gesamten Kernzyklus hindurch.¹¹ Seine Beobachtungen hierfür stellte er am Ozeanografischen Institut Villefrance-sur-Mer bei Nizza an Seeigeln an, um mittels direktem Zugang zu zirkulierendem Meerwasser die nötigen Lebensbedingungen für die Untersuchung der transparenten Meerestiere herzustellen. In der auch praktisch absichtlich leicht nachvollziehbaren Beschreibung seiner Beobachtung »lebendiger Objekte«¹² unter dem Zeiss-Mikroskop dient Hertwig die Beobachtung der Bewegung

6 Siehe Chadarevian 1994; Daston/Galison 2007, 17–51; vgl. Schickore 2007; Clarke/Jacyna 1987; Schleiden 1842/43, 120ff.; Gooday 1991; Wahrig-Schmidt 1994. Zu den Diskussionen über die korrekte Anwendung des Mikroskops in Bezug auf Befruchtung siehe z. B. Bischoff 1854.

7 Siehe Schmidgen 2004.

8 Siehe z. B. Boveri 1889, 77; Kölliker 1895, 7.

9 Siehe Hertwig 1876. Die Wissenschaftsgeschichte zitiert meist Hermann Fols 2 Jahre später erfolgte Veröffentlichung zur Erkenntnis über das Eindringen des Spermiums (Fol 1877; siehe z. B. Cremer/Cremer 2009), obwohl zeitgenössische Besprechungen Ende des 19. und zu Beginn des 20. Jahrhunderts Hertwigs überzeugende Berichte zur Befruchtung lobten.

10 Siehe Auerbach 1874.

11 Hertwig 1876.

12 Ebd., 380.

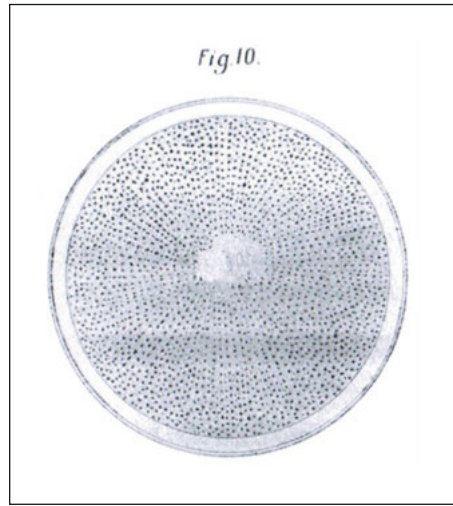
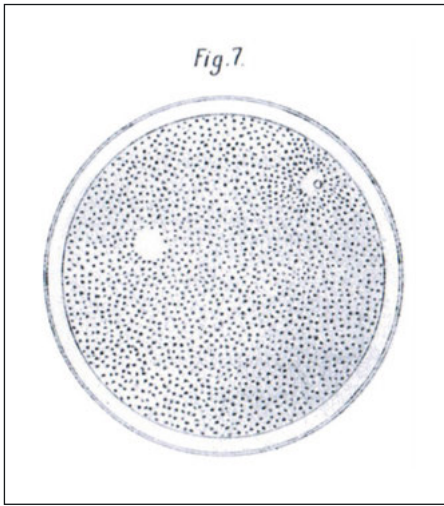


Abb. 1: Drucke der Ansichten Hertwigs durch sein Zeiss-Mikroskop, 5 (Fig. 7) bzw. 10 (Fig. 10) min. nach der Befruchtung eines Seeigels.

als Beweis dafür, dass der Nukleus des Spermiums mit dem der Eizelle verschmilzt. Hertwig betont auch, dass er seine Beobachtungen überprüft habe: »Dass aber eine Bewegung stattfindet, davon habe ich mich ganz sicher überzeugt, indem ich die Lageveränderung des Kerns mit dem Mikrometer controlirte.«¹³ Die Bilder dieser »Lebenserscheinungen«¹⁴ innerhalb der Zelle mussten nun gezeichnet werden, während man dem Objekt in Bewegung folgte. Dies führte er in fünfminütigen Intervallen durch (Abb. 1), sodass der Text zu seinen Bildern 7 bis 11, die dem mehrere 100 Seiten umfassenden Artikel als Tafeln angehängt sind, wie folgt lautet:

»Figur 7 und 8. Ei, fünf Minuten nach der Befruchtung. Einwandern des Spermakerns. [...]

Figur 10. Ei, zehn Minuten nach der Befruchtung. Ei- und Spermakern berühren sich.

Figur 11. Ei, eine Viertelstunde nach der Befruchtung, mit dem durch Verschmelzung des Ei- und Spermakerns entstandenen Furchungskern.«¹⁵

Hertwigs Studie hatte darauf abgezielt, zu zeigen, was genau mit den Zellnuklei auch nach der Befruchtung geschieht. Doch aufgrund der geringen Auflösung des Mikroskops entging dies seinen Lebendbeobachtungen. Im Bewusstsein dieser Einschränkung machte Hertwig anläss-

¹³ Hertwig 1876, 380.

¹⁴ Ebd., 349.

¹⁵ Hertwig 1876, Anhang, Beschreibung zu Taf. 11.

lich der ersten sommerlichen Gelegenheit am französischen Meer von den unterschiedlichen chemischen Färbemethoden Gebrauch, die 1873 erstmals in einer Veröffentlichung methodisch propagiert worden waren.¹⁶

Das Einfärben der Zelle bedeutete, dass diese getötet werden musste. Dementsprechend schuf Hertwig unterschiedliche fixierte Stadien, die er dann in einer Reihe von Bildern zellulärer Momente zusammenstellte. Die Bewegung der Zellen stoppte Hertwig nach standardisierten Zeitabständen (wiederum 5 min., 10 min. etc. nach der Befruchtung, das heißt, nachdem die Keimzellen des Seeigels in einer Flasche zusammengeschüttelt worden waren). Begleitet wurde diese praktische Arbeit an den Zellen von der sich verbreitenden Darstellungsweise, wonach es sich hierbei um spezifische Stadien, um »Schritte«,¹⁷ handele. Es sei daher nötig, »[z]um Zweck der Untersuchung [...] die künstliche Befruchtung einzuleiten, um den Zeitpunkt, wo Spermata und Eier sich treffen, genau bestimmen zu können«.¹⁸ Ziel war es, auf diese Weise »die Entwicklung einzuleiten und dieselbe von Anfang bis Ende Schritt für Schritt zu verfolgen«.¹⁹ Die Bedeutung dieses Vorgehens betont Hertwig nochmals in einer Kollegenschelte gegen seine Vorgänger Karl von Baer, Eduard Strasburger, Franz Leydig und andere, da keiner von ihnen »die Theilungsvorgänge in allen Stadien *Schritt für Schritt* genau verfolgt und beschrieben« habe,²⁰ oder sie hätten, wie Auerbach, »die Möglichkeit, dass der Kern im *frischen* Zustande unkenntlich geworden ist, nicht berücksichtigt«.²¹

Analog zur neuen Färbetechnik, die es unmöglich machte, Bewegung in lebenden Zellen zu verfolgen, wurden die Zustände in der Zelle in zellbiologischen Texten zu Befruchtung und Vererbung während der letzten 20 Jahre des 19. Jahrhunderts zunehmend als statisch beschrieben. Die Formierungen von Chromosomen (gr. *chroma* [Farbe] und *soma* [Körper], wie eingeführt von Waldeyer)²² wurden ebenfalls verbal als in bestimmten Phasen der Mitose aufeinanderfolgende *Figuren* bezeichnet (Abb. 2).

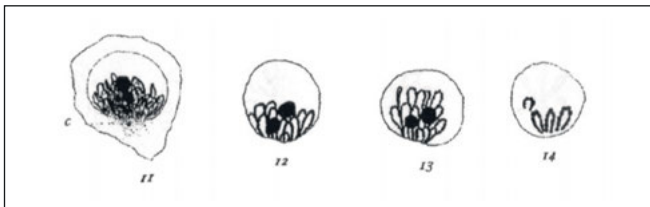


Abb. 2: Bouquetphase aus den *Studies in Spermatogenesis* von Nettie Maria Stevens, 1905.

¹⁶ Durch Abbé 1873.

¹⁷ Hertwig 1876, 376ff.

¹⁸ Ebd., 378.

¹⁹ Ebd., 398.

²⁰ Ebd., 419, Hervorh. BvW.

²¹ Hertwig 1876, 425, Hervorh. BvW.

²² Siehe Waldeyer 1888.

Die bald standardisierten Formationen wurden mit den noch heute verwendeten Begriffen Bouquetphase, Kreuz, Diamant, Hantelphase etc. bezeichnet und geprägt durch Chromosomenforschungen wie die Dissertation von Nettie Maria Stevens zu ihrer Entdeckung des »männlichen« Chromosoms.²³ Stevens' für die Forschung zu dieser Zeit typischer Text besteht bereits hauptsächlich aus einer Reihe von Titeln zu Bildern, die die unterschiedlichen Phasen zeitlich anordnen; der Anhang zu ihrer Dissertation besteht aus 241 Zeichnungen, während der 30-seitige Text beschreibt, was wir auf ihnen sehen können (oder sehen sollten).

Die visuelle Ikonografie²⁴ der eingefärbten Materialien besteht aus einer Rekombination der statischen Elemente in eine standardisierte nicht prozedurale, deterministische und unidirektionale Abfolge von Zuständen. Laut Griesemer war das zeitliche Verständnis der embryonalen Zytologie direkt mit dem der Genetik des 20. Jahrhunderts verbunden.²⁵

Zeit wurde in diesem Zusammenhang visuell noch in der Differenz in räumlicher Struktur dargestellt,²⁶ obwohl die embryologischen Darstellungen an sich statisch und abstrakt waren. Die visuellen Abstraktionen stellten einen historischen Übergang dar, denn sie kreierten »two visual abstractions which were important to the emergence, in the 20th century, of distinct narrative forms in transmission genetics and developmental biology: the genealogical time of the geneticist and the deterministic temporal order of the developmental biologist«.²⁷

Schließlich gerieten in einem weiteren Abstraktionsprozess im Zuge der Aneinanderrückung von Genotyp und Phänotyp im neuen Programm der klassischen Genetik zwei Phänomene aus dem Fokus: die Betrachtung von Veränderung im Raum und zugleich, so Rheinberger und Müller-Wille, die Geschichte im Sinne der Onto- und Phylogenese.²⁸

Dies änderte sich in den 1990er-Jahren sichtbar mit Forschungsprogrammen, die, etwa unter epigenetischen Aspekten, die räumliche Zelle im wörtlichen Sinne wieder stärker in den Blick nahmen.²⁹

Reproduktionsgenetik: Befruchtung und Vererbung im Trockenlabor

Angestoßen vor allem durch das Humangenomprojekt sowie durch die anschließende Kritik, dass dieses zwar Daten, aber keine Information über deren Bedeutungen geliefert habe, hat sich die Ausrichtung der Zeugungs- und Vererbungsforschung deutlich verändert. Seit den 1990er-Jahren haben sich neue Forschungsgebiete in der Genetik entwickelt, von denen sich

²³ Siehe Stevens 1905.

²⁴ Siehe Wellmann 2011; Hopwood/Schaffer/Secord 2010.

²⁵ Siehe Griesemer 2002.

²⁶ Ebd., 50.

²⁷ Griesemer 2002, 46.

²⁸ Siehe Rheinberger/Müller-Wille 2009.

²⁹ Siehe Franklin 2007; Landecker 2005; dies. 2007; Nowotny/Testa 2010.

manche mit räumlichen Fragen auseinandersetzen. Bioinformatik hat dabei eine entscheidende Rolle gespielt.

Bislang mangelte es den Forschenden in der Reproduktionsgenetik an Möglichkeiten, die großen Datenmengen, die sie sammelten, auch zu bewältigen. Seit Mitte der 2000er-Jahre und mit der Beschleunigung der genetischen Analyse wie im Microarray³⁰ wird jedoch die Visualisierung für die (Epi-)Genetik und -Genomik relevanter Datenmengen selbst in zeitlicher Abfolge und im räumlichen Vergleich (zwischen verschiedenen Zellen oder gar Geweben) möglich.

Zusätzlich zum üblichen Tiermodell sind nun auch Computersimulationen in das Biolabor eingezogen, die einen Großteil der Arbeit in den früheren Nasslaboren ersetzen.³¹ Die Arbeit im Labor der Computer und Mikroroboter, also im sogenannten Trockenlabor, ermöglicht Material- und Zeitersparnis in den Forschungsansatz veränderndem Ausmaß. Dies lässt sich auch in der bildlichen Epistemologie der Studien der vergangenen zehn Jahre ablesen. Bis etwa 2005 überwogen in der Reproduktionsgenetik Studien, die analog zur frühen klassischen Genetik mit der direkten Kopplung eines genetischen Phänomens mit einem phänotypischen Befund arbeiteten, basierend auf der Technik des Haplotyping, ähnlich einer Genkartierung.³² Die zeitliche Anordnung ist hier ein Vergleich zwischen zwei Gegenwart; es gibt keine räumliche oder zeitliche Perspektive. Der direkte Zusammenhang zwischen dem Gen und seinem phänotypischen Ausdruck wird noch durch ihre parallele Symbolisierung unterstrichen: Entsprechend der Standardbezeichnungen wird das >REC8 Gen< direkt in das >Rec8 Protein< übersetzt.³³ Umweltbedingte und genetische Faktoren werden hier als konkurrierende und nicht potenziell interagierende Modelle betrachtet.³⁴ Die Bildgebung besteht überwiegend aus Tabellen der Gegenüberstellung von Genbezeichnungen und korrespondierenden Effekten.

Inzwischen mehren sich Studien, die auf Methoden basieren, welche komplexere Beziehungen zwischen Ursache und Wirkung voraussetzen, etwa Betrachtungen der Hormonwirkungen auf die DNA,³⁵ die häufig als Pfeildiagramme dargestellt werden.³⁶ Andere Studien verwenden die Transkriptomanalyse,³⁷ welche auf der Annahme basiert, dass Zellen zwar die gleiche genetische Ausstattung haben können, die Verwendung dieser Gene jedoch ausschlaggebend sein und zwischen unterschiedlichen Zellen und zu unterschiedlichen Zeiten sehr divers ausfallen kann.³⁸ Studien dieser Art untersuchen den Einfluss des spezifischen lokalen Umfelds einer Zelle auf die DNA und ihre Transkripte, was mit Haplotyping nicht zu erreichen wäre. Inzwischen haben die Transkriptomanalyse und Real-time-PCR (Polymerase Chain Reaction) das Haplotyping

30 Bei dieser Methode werden winzige DNA-Proben gleichzeitig mit fluoreszierenden Substanzen markiert, die dann von einem Computerprogramm ausgelesen werden.

31 Siehe Morgan 2003; dies. 2005; Merz 2006.

32 Siehe Lin et al. 2005; Coulam et al. 2007, 40.

33 Siehe Furnes/Schimenti 2007, 29.

34 Ebd., 30.

35 Siehe Drummond 2006; Schaffner 2007.

36 Drummond 2006.

37 Z. B. Jelinski et al. 2007; Shima et al. 2004.

38 Siehe Liu et al. 2011; Wang et al. 2011.

verdrängt. Mit der Echtzeit-PCR wird gemessen, wie viel von den jeweiligen DNA-Abschnitten in den jeweiligen Zellen vorliegt. Dies wird als Maß dafür verstanden, wie häufig in dem Moment bestimmte Genabschnitte aktiviert worden sind. Auch Forschungen zu Genomic Imprinting – also zur epigenetischen Prägung – finden sich zunehmend. Hier wird die Fähigkeit ausgewachsener Zellen untersucht, Genome zu »reprogrammieren«.³⁹ Reprogrammierung meint, dass ein Genom, das epigenetisch auf eine bestimmte Arbeitsfunktion in den frühen Stadien eines Embryos festgelegt war, später noch zu einer völlig anderen Funktion hin verändert werden kann. Dies wird auch als Zeitumkehrung bezeichnet.⁴⁰ Die Ergebnisse präsentieren parallel ablaufende Prozesse von verschiedenen Geschwindigkeiten. Systembiolog_innen betonen, dass es nur mit der computerbasierten Berechnung hoher Datenmengen möglich sei, Modelle zu erstellen, die derart integrativ und komplex sind, dass sie Dimensionen von Zeit und Raum erfassen.⁴¹ Dem entspricht auf genetischer Seite der bereits genannte in Roboter und Computer integrierte Microarray. Wie eine Reproduktionsgenetikerin im Interview erklärte, sei dieser im Gegensatz zu älteren Techniken sogar in der Lage, einen »molekularen Karyotyp« zu erstellen.⁴²

Für sie bedeute der Blick auf den Ergebnisausdruck (Abb. 3):

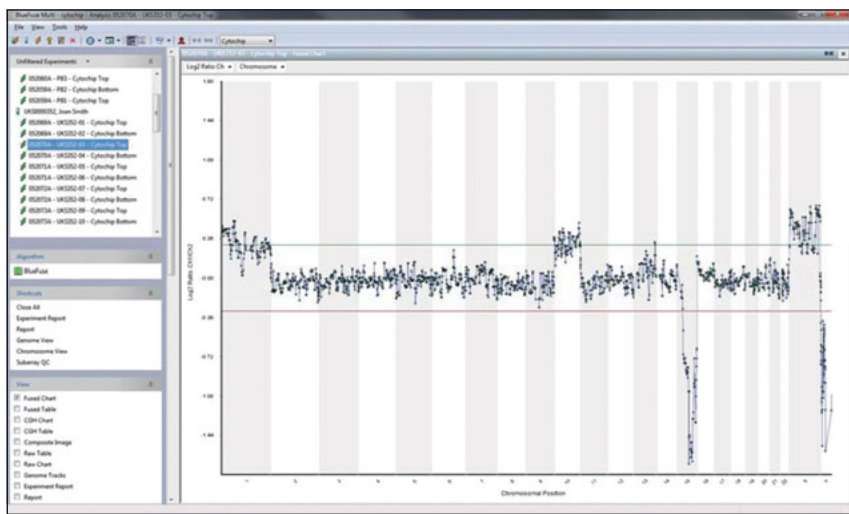


Abb. 3: Bild eines Chromosomen per Microarray.

»You can look at the chromosomes [...]. [Now] you can see *all* the chromosomes even in the single cell, [...] you know of every 23 chromosomes, are there too many, are they too little, [...]. And it gives you much higher resolution. We want to go to the

39 Strelchenko et al. 2006; siehe auch Wilkins-Haug 2009.

40 Siehe Nowotny/Testa 2010.

41 Siehe z. B. Kitani 2001.

42 Sermon 2011.

fundamental biology of [...] chromosomes in embryos – we just needed this kind of precise instrument to look at it.«⁴³

In ihrer Wortwahl fallen Begriffe auf, die aus der Lichtmikroskopie vertraut sind, wie etwa »Auflösung« (»resolution«). Tatsächlich ist der Unterschied zwischen dem Lichtmikroskop und der Datenverarbeitung des Micorarray im bildgebenden Computer für die Wissenschaftlerin unwesentlich: Was wir heute im Computerausdruck des Microarray sahen, sei genauso wie das Bild im Mikroskop »fact« – manipulierte Darstellung. Wir sahen genauso Chromosomen, »just different representations« im Verhältnis zu jenen, die im Lichtmikroskop zu sehen seien.⁴⁴ In der Tat liefert bereits das schlichteste historische Lichtmikroskop Bilder, die mit jenen, die dem Auge ohne technische Hilfe erscheinen, nicht vergleichbar sind.⁴⁵ Denn die Physik der mikroskopischen Optik ist eine von der des üblichen Sehens ohne Instrument gänzlich verschiedene: nämlich die der Diffraktion statt der Refraktion. Färbung und Emersion fügen lediglich weitere Unterschiede hinzu. Ausgehend von Hackings praxeologischem Ansatz macht es dennoch Sinn, davon zu sprechen, wir würden etwas »sehen« durch die verschiedenen Instrumente. Wir »sehen« durch das Lichtmikroskop, wenn »[the] image is a map of interaction between the specimen and the image of radiation and the map is a good one«.⁴⁶

Bilder der Zeugungsvorgänge im Kern in den 1870er-Jahren und nach 2000

Im Vergleich zu Zeichnungen stellt eine Reihe von eingefärbten Objekten eine materielle Beweisführung des Zeitverlaufs dar, was für die »Semiotik von Zeit«⁴⁷ in Experimenten ausschlaggebend ist. Auch wenn es für ihre Abzeichnung noch immer Auge und Hand des Forschers oder der Forscherin bedarf,⁴⁸ so scheinen gefärbte und fixierte Objekte im Sinne einer mechanischen Objektivität für sich selbst zu sprechen.⁴⁹ In der Technik von Einfärben und Fixieren wird die Zeit selbst zum Instrument: Hier dient das Anhalten der Zeit der Verbesserung der räumlichen Sichtbarkeit und der Gewinnung einer materiellen Nachweisbarkeit der Unterschiede zwischen den Objekten, die sich auf den Objektträgern zeigen. Die Träger werden so, ähnlich Fotos oder Tonträgern, zu »Zeitspeichern«.⁵⁰ Ähnlich der Fotografie, die kurze Zeit später zur Verwendung kam,⁵¹ oder dem Film konservieren sie einen »echten« Zustand durch technische Mittel. Indem die fixierten Objekte ohne die Einwirkung von Subjekten zu funktionieren scheinen, vermitteln

43 Ebd., Hervorh. i. Orig.

44 Ebd.

45 Siehe Hacking 1985.

46 Ebd., 151.

47 Schmidgen 2007, 61.

48 Siehe Latour 1986; Bredekamp 2005.

49 Siehe Daston/Galison 2007.

50 Siehe Doane 2005; Kittler 1986.

51 Z. B. bei Wilson 1895.

sie einen besonders starken Eindruck von Objektivität.⁵² Die mikroskopischen Färbepreparate geben allerdings bereits einen Vorgeschmack auf die Experimentalsysteme der Reproduktionsgenetik von heute, indem sie für ein bestimmtes Instrument zugerichtet sind und ausschließlich mit diesem gemeinsam – sowie mit dem entsprechenden mikroskopisch trainierten Personal – ein sinnerschließendes Bild ergeben.

Den heutigen Methoden allerdings wird in hohem Maße Manipulation unterstellt, während die Mikroskopie in einer Verlängerung des Auges tiefere Schichten der Natur bloßzulegen scheint.⁵³ Indem die Zurichtung der Probe auf dem Objektträger deutlich wird, relativiert sich diese Differenz, ohne dass eine direkte Kontinuität behauptet werden muss. Der Microarray und auf diesem basierende Computermodellierungen von Zeitabläufen der Genaktivität im Zeugungsprozess schließen – in digitaler Form – an frühere mechanische Objektivität an: die Bilder sind *nicht allein* errechnet,⁵⁴ sondern stehen in proportionalem Zusammenhang mit der Materialität der Proben. Entsprechend betont die Techniktheoretikerin Martina Heßler: »Im Hinblick auf die *Referenz* unterscheiden sich diese digitalisierten Bilder nicht von analog hergestellten Bildern des 19. Jahrhunderts, die auf Messreihen beruhen wie die Messungen des Pflanzenwachstums, des Pulses, von Temperaturen etc.«.⁵⁵ Indem die Proben sich über ihre materiellen Eigenschaften ansichtig machen, hinterlassen sie eine »Spur«.⁵⁶ Die jeweiligen Kurven werden gemessen an ebenfalls aus der Zeit genommenen Proben (ihre jeweilige Zeit steht also still, während jene des Versuchsobjekts – vermutlich – weiterläuft). Aus biologischer Sicht gibt der Microarray ein Bild auf der Ebene des Molekularen, also in einer Auflösung, welche die optische Physik des Mikroskops nicht erreicht. Im Unterschied zu vorherigen genetischen Methoden steigt damit zugleich das Interesse an räumlich-zeitlichen Kategorien und an erhöhter Komplexität – Aspekte, für deren überwiegende Abwesenheit die Genetik oft kritisiert wurde. Entscheidend für die Bildkritik heutiger Methoden ist demnach nicht allein, *dass* (in hohem Masse) Daten verrechnet werden, sondern in welchem Maße das resultierende Bild eine »gute«⁵⁷ Karte ergibt. Dafür sind in allen Instrumenten der Bildgebung ebenso wie in einem letztlich auch immer »social microscope«⁵⁸ nicht zuletzt der gewählte Ausschnitt und die Auswahl der Kategorien für die Legende entscheidend.

52 Siehe Rheinberger 2003.

53 Siehe Hacking 1985.

54 Vgl. die Unterscheidung von algorithmischen und »abgetasteten« Bildern, Schröter 2004, 337.

55 Heßler 2006, Hervorh. BvW.

56 Ginzburg 1980.

57 Hacking 1985, 151.

58 Allchin 1999.

Literatur

- Allchin, Douglas (1999): *Do We See through a Social Microscope? Credibility As a Vicarious Selector*. In: Philosophy of Science, no. 60, pp. 287–298.
- Auerbach, Leopold (1874): *Organologische Studien 1: Zur Charakteristik und Lebensgeschichte der Zellkerne*. Breslau: Morgenstern.
- Bischoff, Theodor (1854): *Widerlegung der von Dr. Keber bei den Najaden und Dr. Nelson bei den Ascariden behaupteten Eindringens der Spermatozoiden in das Ei*. Gießen: J. Ricker'sche Buchhandlung.
- BlueGnome (2011): *24sure™*. Information brochure. Cambridge: Head Office, BlueGnome.
- Boveri, Theodor (1889): *Ein geschlechtlich erzeugter Organismus ohne mütterliche Eigenschaften*. In: Sitzungsberichte der Gesellschaft für Morphologie und Physiologie in München, Bd. 5, S. 73–80.
- Bredenkamp, Horst (2005): *Darwins Korallen: Frühe Evolutionsmodelle und die Tradition der Naturgeschichte*. Berlin: Wagenbach.
- Chadarevian, Soraya de (1994): *Sehen und Aufzeichnen in der Botanik des 19. Jahrhunderts*. In: Wetzel, Michael/Wolf, Herta (Hg.): Der Entzug der Bilder. Visuelle Realitäten. München: Wilhelm Fink, S. 121–144.
- Clarke, Edwin/Jacyna, Steven L. (1987): *Nineteenth-Century Origins of Neuroscientific Concepts*. Berkeley: University of California Press.
- Coulam, Carolyn B. et al. (2007): *Discordance among Blastomeres Renders Preimplantation Genetic Diagnosis for Aneuploidy Ineffective*. In: Journal of Assisted Reproduction and Genetics, no. 24, pp. 37–41.
- Cremer, Thomas/Cremer, Christoph (2009): *Rise, Fall and Resurrection of Chromosome Territories: a Historical Perspective. Part I. The Rise of Chromosome Territories*. In: European Journal of Histochemistry, vol. 50, no. 3, pp. 161–176.
- Daston, Lorraine/Galison, Peter (2007): *Objectivity*. New York: Zone Books.
- Doane, Mary Ann (2005): *Zeitlichkeit, Speicherung, Lesbarkeit. Freud, Marey und der Film*. In: Schmidgen, Henning (Hg.): Lebendige Zeit. Berlin: Kadmos, S. 280–313.
- Drummond, Ann E. (2006): *The Role of Steroids in Follicular Growth*. In: Reproductive Biology and Endocrinology, vol. 4, no. 16, pp. 1–11.
- Ehrlich, Paul/Lazarus, Adolf (1900): *Histology of the Blood: Normal and Pathological*. In: Himmelweit, Fred/Marquardt, Martha/Dale, Henry (eds.): Collected Papers of Paul Ehrlich, vol. 1. New York: Pergamon Press 1956, pp. 181–268.
- Fol, Hermann (1877): *Sur le commencement de l'hénogénie chez divers animaux*. In: Archives des sciences physiques et naturelles, no. 58, pp. 439–472.
- Franklin, Sarah (2007): *Dolly Mixtures: The Remaking of Genealogy*. Durham, NC: Duke University Press.
- Furnes, Bjarthe/Schimenti, John (2007): *Fast Forward to New Genes in Mammalian Reproduction*. In: Journal of Physiology, vol. 578, no. 1, pp. 25–32.
- Ginzburg, Carlos (1980): *Morelli, Freud and Sherlock Holmes: Clues and Scientific Method*. In: History Workshop Journal, vol. 9, pp. 5–36.
- Gooday, Graeme (1991): *»Nature« in the Laboratory: Domestication and Discipline with the Microscope in Victorian Life Science*. In: The British Journal for the History of Science, vol. 24, no. 3, pp. 307–341.
- Griesemer, James (2002): *SPACE <=> TIME. Temporality and Attention in Iconographies of the Living*. In: Schmidgen, Henning (ed.): Experimental Arcades: The Materiality of Time Relations in Life Sciences, Art, and Technology (1830–1930). Preprint 226. Berlin: Max Planck Institute for the History of Science, pp. 45–57.
- Griesemer, James/Yamashita, Grant (2005): *Zeitmanagement bei Modellsystemen. Beispiele aus der Evolutionsbiologie*. In: Schmidgen, Henning (Hg.): Lebendige Zeit. Berlin: Kadmos, S. 280–313.
- Hacking, Ian (1985): *Do We See Through a Microscope?* In: Van Fraassen, Bas C./Churchland, Paul M./Hooker Clifford A. (eds.): Images of Science. Chicago: Chicago University Press, pp. 132–152.
- Hennig, Jochen (2006): *Die Versinnlichung des unzugänglichen – Oberflächendarstellungen in der zeitgenössischen Mikroskopie*. In: Heßler, Martina (Hg.): Konstruierte Sichtbarkeiten. Wissenschafts- und Technikbilder seit der Frühen Neuzeit. München: Wilhelm Fink, S. 99–116.

Hertwig, Oscar (1876): *Beiträge zur Erkenntnis der Bildung, Befruchtung und Theilung des thierischen Eies*. In: Morphologisches Jahrbuch, Nr. 1, H. 3, S. 347–432.

Heßler, Martina (2006): *Von der doppelten Unsichtbarkeit digitaler Bilder*. In: Zeitenblicke, Jg. 5, Nr. 3. Online unter: www.zeitenblicke.de/2006/3/Hessler (zuletzt aufgerufen: 11. März 2015).

Hine, Christine (2006): *Databases as Scientific Instruments and Their Role in the Ordering of Scientific Work*. In: Social Studies of Science, vol. 36, no. 2, pp. 269–298.

Hopwood, Nick/Schaffer, Simon/Secord, Jim (2010): *Seriality and Scientific Objects in the Nineteenth Century: Introduction*. In: History of Science, vol. 161, no. 48, pp. 251–285.

Jelinski, Scott A. et al. (2007): *The Rat Epididymal Transcriptome: Comparison of Segmental Gene Expression in the Rat and Mouse Epididymides*. In: Biology of Reproduction, vol. 75, no. 4, pp. 561–570.

Johannsen, Wilhelm (1911): *The Genotype Conception of Heredity*. In: The American Naturalist, vol. 45, no. 531, pp. 129–159.

Kitano, Hiroaki (ed.) (2001): *Foundations of Systems Biology*. Cambridge, MA: MIT Press.

Kittler, Friedrich (1986): *Gramophone, Film, Typewriter*. Berlin: Brinkmann und Bose.

Kogge, Werner (2012): *Script, Code, Information: How to Differentiate Analogies in the »Prehistory« of Molecular Biology*. In: History and Philosophy of the Life Sciences, vol. 34, no. 4, pp. 603–635.

Kölliker, Albert von (1895): *Die Bedeutung der Zellenkerne für die Vorgänge der Vererbung*. In: Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie, Jg. 42, Nr. 1, S. 3–50.

Landecker, Hannah (2002): *New Times for Biology: Nerve Cultures and the Advent of Cellular Life in Vitro*. In: Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences, vol. 33, no. 4, pp. 667–694.

Landecker, Hannah (2005): *Living Differently in Time: Plasticity, Temporality and Cellular Biotechnology*. In: Culture Machine, vol. 7. Online: <http://www.culturemachine.net> (last access: 25 September 2013).

Landecker, Hannah (2007): *Culturing Life: How Cells Became Technologies*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Latour, Bruno (1986): *Visualization and Cognition: Thinking with Eyes and Hands*. In: Knowledge and Society: Studies in the Sociology and Culture Past and Present, vol. 6, pp. 1–40.

Lin, Ying-Hung et al. (2005): *Isochromosome of Yp in a Man with Sertoli-cell-only Syndrome*. In: Fertility and Sterility, vol. 83, no. 3, pp. 764–766.

Liu, Zenshan et al. (2011): *Comparative Analysis on MRNA Expression Level and Methylation Status of DAZL Gene between Cattle Yaks and Their Parents*. In: Animal Reproductive Science, vol. 126, no. 3–4, pp. 258–264.

Lynch, Michael (1985): *Discipline and the Material Form of Images: an Analysis of Scientific Visibility*. In: Social Studies of Science, no. 15, pp. 37–66.

Merz, Martina (2006): *Locating the Dry Lab on the Lab Map*. In: Lenhard, Johannes/Küppers, Günter/Shinn, Terry (eds.): *Simulation: Pragmatic Constructions of Reality*. Dordrecht: Springer, pp. 155–172.

Morgan, Mary S. (2003): *Experiments without Material Intervention: Model Experiments*. In: Radder, Hans (ed.): *The Philosophy of Scientific Experimentation*. Pittsburgh, PA: University of Pittsburgh Press, pp. 216–235.

Morgan, Mary S. (2005): *Experiments Versus Models: New Phenomena, Inference and Surprise*. In: Journal of Economic Methodology, vol. 12, no. 2, pp. 317–329.

Nowotny, Helga/Testa, Giuseppe (2010): *Naked Genes. Re-inventing the Human in the Molecular Age*. Cambridge, MA: MIT Press.

Rheinberger, Hans-Jörg (2003): *Präparate → Bilder: ihrer selbst. Eine bildtheoretische Glosse*. In: Bredekamp, Horst/Bruhn, Matthias/Werner, Gabriele (Hg.): *Bildwelten des Wissens. Kunsthistorisches Jahrbuch für Bildkritik*, Bd. 1.2: Oberflächen der Theorie. Berlin: Akademie Verlag.

Rheinberger, Hans-Jörg/Müller-Wille, Staffan (2009): *Vererbung: Geschichte und Kultur eines biologischen Konzepts*. Frankfurt a. M.: Fischer Taschenbuch Verlag.

Schaffner, Kenneth (2007): *Theories, Models, and Equations in Systems Biology*. In: Boogerd, Fred C. et al. (eds.): *Toward a Philosophy of Systems Biology*. Amsterdam: Elsevier, pp. 145–162.

Schickore, Jutta (2007): *The Microscope and the Eye: A History of Reflections, 1740–1870*. Chicago: University of Chicago Press.

Schleiden, Matthias Jacob (1842/43): *Grundzüge einer wissenschaftlichen Botanik*. Leipzig: Engelmann.

Schmidgen, Henning (2004): *Pictures, Preparations, and Living Processes: The Production of Immediate Visual Perception (Anschauung) in Late-19th-century Physiology*. In: Journal of the History of Biology, vol. 37, no. 3, pp. 477–513.

Schmidgen, Henning (2007): *Zukunftsmaschinen*. In: Rechtsgeschichte – Legal History. Zeitschrift des Max-Planck-Instituts für Europäische Rechtsgeschichte, Nr. 10, S. 51–62.

Schröter, Jens (2004): *Das Ende der Welt. Analoge vs. digitale Bilder – mehr und weniger »Realität«?* In: ders./Alexander Böhne (Hg.): Analog/Digital – Opposition oder Kontinuum? Zur Theorie und Geschichte einer Unterscheidung (Medienumbrüche, 2). Bielefeld: transcript, S. 7–30.

Sermon, Karen (2011): *Interview*. Tonaufnahme, 26. Mai.

Shima James E. et al. (2004): *The Murine Testicular Transcriptome: Characterising Gene Expression in the Testis during the Progression of Spermatogenesis*. In: Biology of Reproduction, no. 71, pp. 319–330.

Stevens, Nettie Maria (1905): *Studies in Spermatogenesis with Especial Reference to the »Accessory Chromosome«*. Washington D. C.: Carnegie Institution of Washington. Online: <http://www.archive.org/details/studiesinspermatoistevrich> (last access: 15 May 2015).

Strelchenko, Nick et al. (2006): *Reprogramming of Human Somatic Cells by Embryonic Stem Cell Cytoplasm*. In: Reproductive BioMedicine Online, vol. 12, no. 1, pp. 107–111. Online: www.rbonline.com/Article/2017 (last access: 11 August 2015).

Wahrig-Schmidt, Bettina (1994): *Das »geistige Auge« des Beobachters und die Bewegungen der vorherrschenden Gedankendinge*. In: Hagner, Michael/Rheinberger, Hans-Jörg/Wahrig-Schmidt, Bettina (Hg.): Objekte, Differenzen und Konjunktoren. Berlin: Akademie Verlag, S. 23–47.

Waldeyer, Wilhelm (1888): *Über Karyokinese und ihre Beziehungen zu den Befruchtungsvorgängen*. In: Archiv für mikroskopische Anatomie und Entwicklungsmechanik, Jg. 32, Nr. 1, S. 1–122.

Wang, Ning et al. (2011): *Altered Expression of Armet and Mrlp51 in the Oocyte, Preimplantation Embryo, and Brain of Mice Following Oocyte in Vitro Maturation but Postnatal Brain Development and Cognitive Function Are Normal*. In: Reproduction, vol. 142, no. 3, pp. 401–408.

Wellman, Janina (2011): *Science and Cinema*. In: Science in Context, vol. 24, no. 3, pp. 311–328.

Wilkins-Haug, Louise (2009): *Epigenetics and Assisted Reproduction*. In: Current Opinion in Obstetrics and Gynecology, vol. 21, no. 3, pp. 201–206.

Wilson, Edmund B. (1895): *An Atlas of the Fertilisation and Karyokinesis of the Ovum*. New York: Columbia University Press.



bettina.bock.v.wuelfingen@hu-berlin.de

Wissenschaftliche Mitarbeiterin

Basisprojekt: Gender & Gestaltung

Disziplin: Biologie, Kulturwissenschaft

Bettina Bock von Wülfingen ist Kulturwissenschaftlerin mit einem Hintergrund in Biologie und Gesundheitswissenschaft und hat am Institut für Kulturwissenschaft der Humboldt-Universität zu Berlin 2012 mit der Schrift *Economies and the Cell – Heredity and Conception Around 1900 and 2000* habilitiert. Ihre derzeitige Forschung am Exzellenzcluster *Bild Wissen Gestaltung* gilt der bildlichen Modellierung von Beziehungen unterhalb und oberhalb der zellulären Ebene und dem Übergang von Reproduktion und Produktion zu (Re-)Generation in Biowissenschaften und Medizin.