

V. Mediale Onto-Epistemologie

Was ist, ist
Was nicht ist, ist möglich
Nur was nicht ist, ist möglich
Einstürzende Neubauten: Was Ist Ist [1996]
(Ende Neu; Mute Records)

Von der Unbestimmbarkeit der Welt

Im gleichzeitigen Entstehen von ›neuen Sichtbarkeiten‹ und Medien der Sichtbarmachung als materiell-diskursiven Entitäten schließen sich die Medien nicht ab, sondern erweitern sich auf das Mögliche hin. Der Aspekt einer nur im Sinne radikaler Komplexitätsreduktion heuristisch auflösbaren Verschränkung von Medientechnologien und Wissensproduktionen wird mithin am ›epistemischen Bild, das sichtbar macht‹ sinnfällig. Dass es aufgrund der engen Verzahnung nicht hinreichend ist, etwas Medientheorie in die Wissenschaftsforschung einzuführen, genauso wie es nicht ausreicht, Wissensgeschichte und Wissenschaftsgeschichte als Mediengeschichte zu überschreiben oder, umgekehrt, Medienhistoriographie mit einigen Ansätzen der zeitgenössischen Wissenschaftsforschung anzufüllen, sollte vor dem Hintergrund dieser Gemengelage deutlich geworden sein.

Damit geraten Sichtbarmachungen ins Blickfeld, die, obschon ästhetisch wirksam und ästhetisch überformt, diesseits des Kunstdiskurses zu bestimmen sind, auch weil sie sich, wie eingangs gesehen, zumindest der Zuschreibungen kunstbildtheoretischer Forschung entziehen. Bis zu diesem Punkt führte die Argumentation allgemein vom operativen zum epistemischen Bild und im besonderen Fall zu Sichtbarmachungen unsichtbarer Sachverhalte, welche sowohl über Erhabenheitszuschreibungen als auch über diskursive Muster der Eroberung und Kolonisierung des Unsichtbaren starke Aufladung erfahren (*Kapitel I*). Im Zuge dessen ist deutlich geworden, warum eine Adres-

sierung als ›Sichtbarmachung‹ im Sinne einer Kulturtechnik und im Rahmen einer umfassenden wissensproduzierenden Verfahrenslogik notwendig erscheint.

Mit dieser Erweiterung des Konzepts der Bildproduktion geht eine Problematisierung des Sichtbaren (im Verhältnis zum Sagbaren) einher, welche eine anthropologische Positivität des Sehens zugunsten einer Archäologie des Sichtbaren einklammert und Sichtbarkeit in ein Wissensdispositiv spannt, das eben dadurch eine stetige Reaktualisierung erfährt (*Kapitel II*). Gleichzeitig verflüssigen sich starre, vorgängige Medienbegriffe in Richtung eines konstitutiven Medien-Werdens *in actu*. Das Medienwissen der modernen Bakteriologie hilft diese als Disziplin im 19. Jahrhundert neu zu begründen, und es formt einen epistemologischen Rahmen, der im 20. Jahrhundert, ungeachtet vom Gründungsdiskurs völlig verschiedener materieller und medientechnologischer Grundlagen, erstaunlich konstant Wissen mit Sichtbarmachung verknüpft (*Kapitel III*). In wiederholten Aushandlungsprozessen werden Kontinuitäten und Diskontinuitäten dieser Verknüpfungsleistung seitens der Wissenschaftsforschung fortlaufend problematisiert. Je nach Akzentsetzung werden im Zuge dessen die Funktion des Beobachters beziehungsweise des Beobachterkollektivs, das Verhältnis von Epistemologie und (nicht-transzendentaler) Ontologie, Insription und Repräsentation, die Frage der Evidenzerzeugung und, allgemeiner noch, eine als prekär werdend empfundene Referentialität sowie das Spannungsfeld von Schrift und sichtbarer Spur verhandelt, angepasst oder neu bestimmt (*Kapitel IV*).

Die Herausforderung, zu der die vorliegende Studie einige vorläufige Überlegungen beisteuert, besteht also darin, Medien- und Wissenschaftsforschung als wesentlich wechselseitig aufeinander bezogen zu konzeptualisieren, um so möglicherweise zu den theoretischen Grundlagen einer Variante von Medien-Onto-Epistemologie zu gelangen, welche Sichtbarkeit und Prozesse der Sichtbarmachung in ihrer vollen Komplexität zu begreifen versucht.

Abschließend soll daher eine genauere Bestimmung dessen vorgenommen werden, was im Vorausgegangenen wiederholt als ›materiell-diskursiv‹ verfasst angesprochen worden ist, um die Akzentverschiebungen, die sich aus einer solchen Konzeption hinsichtlich der Begriffe des Epistemischen und des Ontologischen herleiten, genauer in den Blick zu nehmen. Dabei zeigt sich die Einschreibung einer, im Folgenden ebenfalls genauer zu bestimmenden, *Unbestimmtheit* beziehungsweise *Unbestimmbarkeit*, welche sich aus der Quan-

tenphysik ableitet und sich, *expressis verbis* oder als implizierte Voraussetzung, in Formen zeitgenössischen Wissens bemerkbar macht.

So genannte ›Medienumbrüche‹ vollziehen sich vor dem Hintergrund des bisher Gesagten also nicht aufgrund und infolge ausschließlich *technischer* Innovationen, sondern als Rekonfiguration eines Ensembles aus Technologien, Materialitäten, Ökonomien, Machtverhältnissen, theoretischen Diskursen, Epistemologien und Ontologien. Je nach gewähltem Blickwinkel und Hintergrund verschieben sich die Akzente, die eine Fokussierung medialer Schwellen- und Umbruchsituationen setzt. Dabei kann die Veränderungsdynamik abhängig vom gewählten Ausgangspunkt als sukzessive, prozessuale Transformation oder als disruptives Moment, das heißt als Bruch mit Überkommenem erscheinen. Noch einmal sei an dieser Stelle daran erinnert, dass Sichtbarmachung als Mikro- oder Hilfsdispositiv innerhalb des umfassenderen Wissensdispositivs diskursiv mehr oder weniger stabil mit dem Anspruch einer durch das Sichtbarmachen verfügbar werdenden ›Evidenz‹ in Verbindung steht, wenngleich die Anwendungsbereiche, Forschungsfragen, Experimentalsysteme und nicht zuletzt eben die Medien der Sichtbarmachung diskontinuierlich sind. Insofern leuchtet, trotz der etwas problematisch reduktiven Rede von ›Einzelmedien‹, die These ein, dass »die an historischen Umbruchkonstellationen beteiligten Einzelmedien wie die mit ihnen verknüpften Mediensettings – von den Institutionen über die Technologien bis zu den Theorien – selber der Kategorie des Vorübergehenden und Flüchtigen, Fluktuierenden und Oszillierenden [unterliegen]« (Schnell/Stanitzek 2005, 7).

Die vorgenommene Akzentuierung der Dynamik des Werdens von Medien wie von Wissen privilegiert gewissermaßen das Ephemere, um es in ein Spannungsverhältnis mit dem Kontinuierlichen eintreten zu lassen. Dabei darf jedoch nicht unterschlagen werden, dass die Rede von einer relativ stabilen epistemischen *Funktion* des technischen Sichtbarmachens keineswegs behauptet, der *Begriff* des Sichtbaren sei währenddessen auch nur annähernd ähnlich stabil gewesen. Die Funktion der Sichtbarmachungsprozeduren als epistemische Verfahren mag sich erhalten, ihre Inhalte, das mit ›Sichtbarem‹ Gemeinte oder Adressierte, unterliegen in gleicher Weise Konjunkturen wie alle anderen beteiligten Elemente.

Dieser Umstand erklärt sich bereits aus der schlichten Annahme, dass die *Bedingungen des Sichtbaren* nicht im Sichtbaren selbst zu verorten sind. Ebenso sollte deutlich geworden sein, dass die Transformationen keiner linearen Fortschrittslogik folgen, aber auch nicht vollkommener Kontingenz geschul-

det sind. In exemplarischer Deutlichkeit zeigen sich diskontinuierliche Rekonfigurationen nicht allein, wie im Fall der Bakteriologie beschrieben, in Bereichen, in denen wissenschaftliche Theoriebildung experimenteller Sichtbarmachung folgt, sondern *mutatis mutandis* auch in Bereichen, in denen mathematische Formulierungen dem Sichtbaren vorauszugehen scheinen. So lässt sich selbst im Fall der hochabstrakten Quantenphysik beobachten, wie sich – eigentlich ohne Not und Notwendigkeit – Sichtbarkeitsoptionen herausbilden, die in beinahe nostalgisch zu nennender Hinwendung an das »realistisch anmutende Bild« den Oszillationsraum von Darstellbarem/Undarstellbarem neu zur Verhandlung bringen. Gleichzeitig verdanken sich Teile der Theorieformulierung einem (zum Zeitpunkt des Entstehens quantenmechanischer Theoriebildung und angesichts ihrer nicht materiell oder optisch verfügbaren, flüchtigen Gegenstände überraschenden) Rückgriff auf in der Antike entwickelte Seinskonzepte, wie etwa am Beispiel der Heisenbergschen Formulierung der Unbestimmtheitsrelation aufgezeigt werden kann.

Werner Heisenberg, das ist hinlänglich bekannt, war in starkem Maße beeinflusst vom in der aristotelischen »Metaphysik« entwickelten Wirklichkeitsbegriff, der die Annahme einer entitären und begrifflich homogenen Realität aufgibt und zugunsten eines Modells von Realität erweitert, dem zwei elementare begriffliche Dichotomien eingeschrieben sind. Zur Beantwortung der Frage nach der Möglichkeit von »Entstehen und Vergehen [...] Werden und Veränderung von Seiendem« (Lukoschik 1999, 271f.) müssen nach dem aristotelischen Modell der Metaphysik diese vier grundlegenden, paarweise angeordneten Begriffe Berücksichtigung finden. Das sind einmal »Vermögen« beziehungsweise »Möglichkeit« (*dynamis*) und »Verwirklichung« beziehungsweise »Akt« (*energeia*) sowie das Verhältnis von »Stoff« oder »Materie« (*hyle*) und »Form« (*morphe*) andererseits.

Dabei wird zunächst auf einem genuin kompositorischen Charakter alles Seienden insistiert: Das Seiende muss stets als aus Stoff und Form zusammengesetzt gedacht werden. Dies bedeutet nicht eine dinglich-mechanische Montage, denn Stoff und Form sind keine gegenständlichen Phänomene, sondern »den konkreten Dingen zugrundeliegende Strukturmerkmale, ontologische Prinzipien und Möglichkeitsbedingungen ihres Dingseins« (ebd., 272). Hierbei kommt dem Stoff als Strukturelement die Funktion des unbestimmten, aber bestimmbaren Substrats zu respektive des im Werden Begriffenen, mithin »das, was nicht der Verwirklichung, aber dem Vermögen nach Dieses ist« (Artistoteles 1990, 200; 1042a, 30f.), auf welches die Form als Bestimmung der Gestaltung einwirkt und den Stoff beziehungsweise das Substrat zu ei-

nem Etwas werden lassen: »Der Stoff ist also das dem Vermögen nach Seiende, Potentia, oder auch das In-Möglichkeit-Sein (*dynamei on*)« (Lukoschik 1999, 272; kursiv i.O.). Trifft man die Unterscheidung nach dem Kriterium der Aktivität/Passivität, so ist der Stoff passiv und die Form das aktive Element, das sich dem Stoff einschreibt und ihn so prägt.

Entscheidend ist im Blick auf die Materie ihr Seinszustand radikaler Potentialität. Heisenberg wird auf diesen Umstand wiederholt Bezug nehmen, um seine eigenen Erkenntnisse zu kontextualisieren und zu klarifizieren. Damit schreibt er den eigenen naturwissenschaftlichen Theorieentwurf einer metaphysischen Traditionslinie ein – mit dem Nebeneffekt der Nobilitierung der eigenen Konzeption qua kanonischer Tradition und damit zugleich unter Rückgriff auf einen Bereich der Naturwissenschaft, der bereits zu Zeiten Heisenbergs so weit von diesen entfernt scheint wie heute: den Bereich der Philosophie (vgl. auch Heisenberg 1959, 1979). Eine derartige Inanspruchnahme überlieferter Konzeptionen gemäß dem Heisenberg'schen Diktum der Unerlässlichkeit von »Tradition in der Wissenschaft« (Heisenberg 1977, 7-24) fungiert als offenbar für notwendig erachtete Legitimierungsgeste, produziert aber diverse Reibungsverluste hinsichtlich möglichst exakter Ausformulierung des eigenen Theorems.

Zunächst resümiert Heisenberg konzise den aristotelischen Grundsatz zum Verhältnis von Materie und Form: »Der Stoff ist also nicht selbst eine Realität, sondern nur eine Möglichkeit, eine ›Potentia‹, er existiert nur durch die Form. Im Naturgeschehen geht das ›Sein‹, wie Aristoteles es nennt, von der Möglichkeit durch die Form zum Faktischen, zur Aktualität über.« (Heisenberg 1959, 120)

Ein quasi-analoger Zusammenhang wie hier zwischen *hyle* und *morphe* lässt sich für das Verhältnis von *dynamis* (Vermögen) und *energeia* (Verwirklichung oder allgemeiner Wirklichkeit) darstellen. In einer chronologischen Entwicklung des Begriffs stellt Aristoteles zwei verschiedene Bedeutungsvarianten des Begriffs der *energeia* zur Disposition, einen allgemeineren, ursprünglicheren, welcher die etymologische Herleitung aus dem Bereich des kinetischen Vokabulars offenbart und wesentlich als »Bewegung« übersetzbar ist und einen zweiten, später als konventionelle sprachliche Übereinkunft entstandenen, in dem *energeia* gleichbedeutend ist mit *entelecheia*. Dies wäre übersetzbar mit »der Wirklichkeit nach sein« oder vereinfachend mit »Wirk-

lichkeit« als *terminus technicus* im Sinne der aristotelischen Konzeption¹, die den Begriff zunächst fasst als »eine starke Weise des Seins, das durch Tun und Leiden charakterisiert wird« (Berti 1996, 295), also nicht als einen statischen, sondern als einen dynamischen Begriff des Seins. Der aristotelische Begriff der Wirklichkeit als *energeia* kann folglich nicht essentialistisch als Wesen des Realen begriffen werden, denn *energeia* beschreibt nichts bereits (und ewig) Vorhandenes oder Gemachtes, »das einfach da und gegenwärtig ist, sondern im Gegenteil ein Sich-machen, Sich-geben, ein Ereignis« (296).

Aristoteles muss aufgrund der doppelten Besetzung des Begriffs *energeia* auf den (allerdings in der Philosophiegeschichte folgenreichen und wirkungsmächtigen) Hilfsbegriff der *entelecheia* zugreifen, um eine tautologische Definition zu vermeiden, wenn er versucht; *energeia* im ursprünglichen Sinn von Bewegung zu definieren durch die *energeia* »im institutionalisierten Sinn von *entelecheia*, von Wirklichkeit im eigentlichen Sinn« (297). Bewegung ist infolgedessen aufzufassen als gegenwärtige Aktualität, als wirklicher Zustand der Dinge, nicht als Prozess der Aktualisierung: »Nach dieser Definition ist die Bewegung die Aktualität [...] dessen, was dem Vermögen nach ist [...], das heißt, was in der Wirklichkeit eines Vermögens existiert, das nicht mehr nur dem Vermögen nach ist, aber auch noch nicht in die Wirklichkeit übergegangen ist und deshalb noch nicht aufgehört hat, dem Vermögen nach zu existieren.« (297)

Nur die Veränderung ist also Beweis dafür, dass ein Ding *dem Vermögen nach ist* respektive *vermögend ist*. Die Wirklichkeit als Grundbedeutung des Seins zerfällt in zwei Bereiche, nämlich in ein ›Bestehen-dem-Vermögen-nach‹ und ein aktuales, bestimmtes ›Bestehen-der-Wirklichkeit-nach‹, wie Aristoteles an verschiedenen Stellen mit Bezug etwa auf Handwerk und Kunst verdeutlicht: So existiert etwa die Hermesfigur dem Vermögen nach im Holz

1 Zur Frage der Begriffsentwicklung sowie der Übersetzungsproblematik vgl. ebenfalls Berti 1996, 292–298. Zur Frage der Synonymisierung von *energeia* und *entelecheia* heißt es dort: »Weil *energeia* in der gleichen Bedeutung wie *ergon* [Werk, Ziel; Anm.Verf.] gebraucht werden kann, von dem es sich außerdem ableitet, und weil *ergon* gleichbedeutend mit *telos* ist, geht der Ausdruck *energeia*, wenn er in dieser Bedeutung gebraucht wird, in die Bedeutung von *entelecheia* über, das heißt, er hat praktisch dieselbe Bedeutung wie *entelecheia*, das wiederum von *telos* abgeleitet ist. Kurz gesagt, weil sich *energeia* zu *ergon* verhält wie *entelecheia* zu *telos*, deshalb stimmen, wenn *ergon* und *telos* gleichbedeutend sind, auch *energeia* und *entelecheia* überein« (Berti 1996, 294f.; kursiv im Original).

oder Marmor, während das Holz und der Marmor der Wirklichkeit nach existieren (vgl. Aristoteles 1990, 221, 1048a, 32ff.). Die Tatsache, dass die Argumentation immer induktiv vom Einzelfall ausgeht, führt dazu, dass Aristoteles betonen muss, eine Definition der Wirklichkeit ›als solche‹ könne nicht geleistet werden, es gebe lediglich Analogie-Beziehungen wie die beschriebene (vgl. ebd., 221, 1048b, 6ff.). Dies hat zur Folge, dass Vermögen und Wirklichkeit als Unterscheidung von zwei Grundbedeutungen des Seins verstanden werden müssen, welche *per se* ko-extensiv sind und von allen Kategorien des Seins »ausgesagt« werden (ebd., 118, 1017b, 2ff.).

Die Identifizierung des Stoffes mit dem Vermögen, also der *hyle* mit der *dynamis* sowie der Form mit der Wirklichkeit, also der *morphe* mit der *energeia* (im gezeigten Sinne von *entelecheia*) macht den bedeutenden Charakter »der Aktualität, der Wirksamkeit, der realen Existenz« (Berti 1996, 302) geltend. Wirklichkeit und Existenz sind für Aristoteles also keine Prädikate, sondern disjunktive Gesamtheiten von Prädikaten. Hinzu tritt zur Vervollständigung der Wirklichkeits-, und damit unauflöslich verbunden, der Seins-Konzeption Aristoteles' die Auffassung der Wirklichkeit als Tätigkeit, denn die »reine Wirklichkeit kann nicht einfach eine erste Wirklichkeit, ein Wesen, eine Substanz sein, die nicht wesenhaft Tätigkeit ist« (307).

Hierbei muss beachtet werden, dass die wahrhafte Tätigkeit von all jenen Aktivitäten unterschieden wird, die defizitär sind, weil sie ihr eigenes Ziel, ihren *telos*, nicht in sich enthalten und daher nur in die Kategorie der Bewegung fallen (etwa das Gehen, denn niemand geht und ist gleichzeitig gegangen), während solche Tätigkeiten, die ihr Ziel in sich enthalten vollkommene Tätigkeiten sind und dem Bereich der *energeia* zugeordnet werden können (wie etwa das Sehen oder Denken, denn man kann simultan denken und gedacht haben; vgl. Aristoteles 1990, 222, 1048b, 29-34): »Bei der einen Gruppe von Tätigkeiten [letzterer; Anm. Verf.] spreche ich von Verwirklichung, bei der anderen Gruppe aber von Bewegung« (ebd., 222, 1048b, 35f.). Die einzig wirklich vollkommene Tätigkeit ist demnach das Denken, woraus geschlossen wird, dass Gott Denken beziehungsweise Geist (*nous*) ist oder etwas noch darüber zu Verortendes (vgl. ebd., 305, 1072b, 16-25): »Die Wirklichkeit des Denkens ist also, insofern sie Wirklichkeit des Lebens ist, auch Wirklichkeit des Seins, aber nicht des Seins schlechthin, das es für Aristoteles nicht gibt, sondern eines Seins, das als das vollkommenste Sein bestimmt ist.« (Berti 1996, 308)

Wirklichkeit als disjunktive Gesamtheit von Prädikaten wird bei Aristoteles aufgespannt zwischen den vier großen Eckpfeilern von *hyle* und *morphe*,

dynamis und *energeia* (*entelecheia*). Ihr ist damit ein produktives Element der Spannung von Beginn an immanent, welches sowohl das aktual Bestehende der visuell, akustisch, taktil oder olfaktorisch wahrnehmbaren Realität als auch jedwede Form von möglicher Verwirklichung oder Potentialität in einer Weise für den gesamten Bereich des Seins berücksichtigt, die beispielsweise in diversen Theorien der Virtualität mitunter an unterschiedliche, als ontologisch getrennt konzeptualisierte, Bereiche delegiert werden.

So werden Aspekte der Potentialität, der Aktualisierung und der Möglichkeitsbedingung dem Feld des Virtuellen eingeschrieben, während nur die aktuelle Gegebenheit der Realität im Sinne einer fixen *entelecheia*, ohne Blick auf die definitorische Erweiterung dieser durch die Analogie und späteren Engführung mit der *energeia*, zugewiesen wird. Was dann Realität heißt, wird durch diese Form der ontologischen Aufspaltung und konzeptionellen Delegation an einen eigenen Seinsbereich vom Potentiellen und Virtuellen entkoppelt und im Bestehenden, d.h. Sicht- oder Wahrnehmbargemachten, fixiert. Die auf diese Weise zurückgewiesenen oder vernachlässigten *topoi* der aristotelischen Konzeption und deren enge ontologische Verflechtung kehren über Heisenberg in den naturwissenschaftlichen Diskurs zurück.

Da hier nicht der Versuch unternommen werden kann und soll, die (überdies uneinheitlichen und weiter in Entwicklung begriffenen) unterschiedlichen Deutungen der Quantentheorie *in extenso* darzustellen, muss zunächst der Hinweis auf den für eine Konzeption des Werdens und Transformation relevanten Begriff der »Potentia« genügen, der in der Auseinandersetzung mit den Modifikationen eines Modells der Wirklichkeit für Heisenberg im Zentrum der Betrachtung steht. Vorläufig und stark vereinfachend ist festzustellen, dass mit der Entwicklung von Relativitätstheorie und Quantenphysik einige grundlegende Prämissen naturwissenschaftlichen (und insbesondere physikalischen) Denkens als obsolet erscheinen mussten. So werden in der Folge vier essentielle und paradigmatische Punkte in Frage gestellt, die das Selbstverständnis der betroffenen Disziplinen in ihren Grundfesten erschütterten, weil sie ein vollkommen neues Welt- und Wissenschaftsbild inaugurierten: Erstens wird die Gültigkeit von Kausalität und Determinismus in Frage gestellt; zweitens kann die strikte Trennung einer »objektiven Realität« von einem beobachtenden Subjekt nicht länger aufrechterhalten werden; drittens wird die naturwissenschaftliche Erkenntnis als Naturerkenntnis in

Zweifel gezogen; und viertens kommt es infolgedessen zu einer Unterminierung tradierter Gesetzmäßigkeiten *als* Naturgesetze.²

Epizentrum dieser Erschütterungen ist historisch das Feld der Mikrophysik und die in diesem virulente Frage der Beschaffenheit des Lichts, welche zunächst die grundlegende Annahme ins Wanken bringt, dass auch die kleinsten Teilchen wie Moleküle, Atome und Elementarteilchen in derselben Weise objektiv existieren wie Steine und Bäume, unabhängig davon, ob sie beobachtet werden oder nicht (vgl. Heisenberg 1959, 15ff.). In Bezug auf das Licht und den photoelektrischen Effekt ging Einstein bekanntlich zunächst davon aus, dass Licht aus Teilchen bestehe, die, auch unbeobachtet, zu jeder Zeit zugleich die Eigenschaften eines Ortes und eines Impulses besitzen, die angegeben werden können. Zur selben Zeit kann jedoch Erwin Schrödinger anhand von Interferenz- und Beugungsexperimenten nachweisen, dass Licht das Verhalten und die Eigenschaften von Wellen aufweist, die als räumliche Ausdehnung, Wellenlänge und Frequenz anzugeben sind. Damit befand man sich im Widerspruch, denn was Teilchen sein sollte, konnte nicht zugleich Welle sein. Diese agonale Situation kann in philosophischer Diktion beschrieben werden als »Substanzproblem« (Wallner 1982, 59), gleichsam als Frage nach dem Wesen der Elementarteilchen. Die von Einstein wie Schrödinger geteilte Hoffnung auf eine physikalische Lösung dieses Welle-Teilchen-Dualismus: unter Beibehaltung des Konzepts der objektiven Realität erfüllt sich allerdings nicht.

Will ein Physiker Ort, Impuls oder Geschwindigkeit eines Elektrons im Atom möglichst exakt bestimmen, richtet er einen Lichtstrahl auf das Atom, welcher aus Lichtquanten³ oder -teilchen besteht (also selbst Impuls und Energie aufweist) und beim Auftreffen auf das Elektron an diesem gebeugt wird, d.h., physikalisch ausgedrückt, einen Teil seines Impulses oder den gesamten Impuls auf das Elektron überträgt. Es muss aber für die exakte Ortung des Elektrons eine möglichst kleine Wellenlänge des Lichtstrahls gewählt werden, so dass der Impuls desselben sehr groß wird, und er den Zustand des Elektrons im Atom so stark influenziert, dass das Elektron aus dem Atom herausgeschlagen wird. Auf diese Weise ist es unmöglich, mehr als nur einen

2 Vgl. für eine zugängliche, sehr informierte und verlässliche Übersichtsdarstellung Gribbin 2014.

3 Entsprechend dem 1900 von Max Planck formulierten Planck'schen Gesetz der Wärmestrahlung, nach der Energie nur in diskreten Energiequanten emittiert und absorbiert werden kann (vgl. Heisenberg 1959, 15f.)

Punkt der Elektronenbahn zu beobachten: Die Störung durch den Beobachtungsakt macht eine umfassendere Beobachtung der Bahn des Elektrons um den Atomkern prinzipiell unmöglich. Desweiteren wird durch die Ermittlung des exakten Ortes des Elektrons die Messung seines Impulses an diesem Ort unmöglich, »umgekehrt hat die exakte Impulsmessung zur Folge, daß der genaue Ort des Teilchens unbekannt bleibt« (Lukoschik 1999, 267). Man konnte folglich über den Ort und die Geschwindigkeit des Elektrons sprechen, man konnte diese Größen auch beobachten und messen, aber »man konnte nicht beide Größen *gleichzeitig* mit einer beliebigen Genauigkeit bestimmen« (Heisenberg 1959, 26; kursiv Verf.).⁴ Der beschriebene Einfluss des Beobachters und seines Versuchsmediums auf das zu beobachtende Objekt macht in paradigmatischer Weise eines bewusst, nämlich, »daß die Trennung zwischen Subjekt und Objekt immer vorläufig und immer Modell bleiben muß« (Wallner 1982, 60).

Dem von Heisenberg oft wiederholten Axiom zufolge, Physik solle nur den Zustand der Wahrnehmungen formal beschreiben, ergibt also die Behauptung, beide Merkmale, Ort und Impuls, existierten zugleich, infolge der Unmöglichkeit einer dies verifizierenden Beobachtung, keinen Sinn. Zunächst kann der Dualismus noch über einen »mathematischen Taschenspielertrick«, nämlich die Einführung der »Matrizenmechanik«, bei der die »Bewegungsgleichungen der Newtonschen Mechanik ersetzt [wurden] durch ähnliche Gleichungen zwischen Formen der linearen Algebra« (Heisenberg 1959, 23) scheinbar überwunden werden. Doch die »Paradoxa des Dualismus zwischen Wellen- und Partikelbild waren ja nicht gelöst, sie waren nur irgendwie in dem mathematischen Schema verschwunden« (Heisenberg, 1959, 24). Es kommt also zu einer von den Akteuren selbst als problematisch empfundenen »Ersetzung jeglicher Anschauung durch mathematische Formalismen« (Wallner 1982, 59).

Erst die Einführung des Begriffs der *Wahrscheinlichkeit* in die Physik (in Form des Konzepts der Wahrscheinlichkeitswelle nach Bohr, Kramers und Slater; vgl. Heisenberg 1959, 24f.) bringt, wenn auch nicht die Lösung, so doch einen entscheidenden Fortschritt. Zwar kann das »Determinismusproblem« (Wallner 1982, 59) der Physik, also die Frage, ob subatomare Vorgänge »teilweise *unbestimmt*« (ebd.) oder »nur teilweise *unbestimmbar*« (ebd.; kursiv Verf.)

4 Denn: »Es ergab sich, daß das Produkt dieser beiden Ungenauigkeiten nicht kleiner gemacht werden konnte als die Plancksche Konstante, geteilt durch die Masse des Teilchens, um das es sich dabei handelte.« (Heisenberg 1959, 26f.)

sind, nicht letztgültig gelöst, doch die Paradoxie, einmal als solche erkannt, konnte für Forschung und Theoriebildung produktiv gemacht werden: Die Wahrscheinlichkeitswelle beschreibt nun nicht mehr einen Ist-Zustand, »sie bedeutete so etwas wie eine Tendenz zu einem bestimmten Geschehen« (Heisenberg 1959, 25) und »führte eine merkwürdige Art von physikalischer Realität ein, die etwa in der Mitte zwischen Möglichkeit und Wirklichkeit steht« (ebd.). Diese, auch für andere experimentelle Situationen gültige Beziehung wurde »Unsicherheitsrelation oder das Prinzip der Unbestimmtheit« genannt (Heisenberg 1959, 27).

Es musste also Grenzen für die Anwendbarkeit des Wellenbildes ebenso wie des Teilchenbildes geben, wenn man jedoch »jene Grenzen berücksichtigt, die durch die Unbestimmtheitsrelationen gezogen sind, verschwinden die Widersprüche« (ebd.). Wenn die Unbestimmtheitsrelation heute als die zentrale »Eigentümlichkeit der Quantentheorie« (Gribbin 2014, 171) bezeichnet werden darf, so auch deshalb, weil, wie Heisenberg folgerte, in der Mikrowelt die klassischen Begriffe der Alltagswelt nur dann und insofern Bestand haben, wenn sie »in dem durch die Unschärferelationen aufgedeckten, eingeschränkten Sinne angewandt werden« (ebd.). Einer der Grundkonflikte zwischen Bohr und Schrödinger, welcher sich immer wieder über die »verdamnte Quantenspringerei« beklagte, hatte, folgt man Gribbins Darstellung, nicht zuletzt begriffliche Ursachen: »Ideen wie ›Ort‹ und ›Geschwindigkeit‹ (oder später der ›Spin‹) haben in der Welt der Mikrophysik einfach nicht die gleiche Bedeutung wie in der gewohnten Welt.« (Ebd.)

Sich die konzeptionellen Verschiebungen, die sich aus dem hier nur skizzierten Konflikt ergeben haben, einzugestehen, mithin ernst zu nehmen, dass die genauere Kenntnis des ›Orts‹ eine Kenntnis des Impulses umso ungenauer werden lässt (und *vice versa*), trifft das Verhältnis von Wissenschaft und Wirklichkeit verständlicherweise mit fundamentaler Wucht. Es gilt in Konsequenz einerseits zu begreifen, »daß die alten Begriffe nur ungenau auf die Natur passen« (Heisenberg 1959, 27) und andererseits in gleichem Maße anzuerkennen, »wie groß die Veränderungen in unseren grundlegenden Vorstellungen von der Wirklichkeit sein mußten, bevor man die neue Situation vollständig verstehen konnte« (ebd.). Oder knapper von Heisenberg auf den Punkt gebracht: »Wir können die Gegenwart in allen Bestimmungsstücken prinzipiell *nicht* kennen.« (zit.n. Gribbin 2014, 173; kursiv i.O.)

Die Welt als solche wird ›inhuman‹ (im eingangs zitierten Sinne von Wark 2015), auch ihre materiellen Grundlagen entziehen sich größtenteils der wahrnehmenden Beobachtung. In der Quantenwelt gelten Gesetze, die

aus der wahrnehmbaren Welt nicht vertraut sind, ja diesen sogar widersprechen und das menschliche Denkvermögen an die Grenzen vertrauter Logik führen, indem Kontingenz, Annäherung und Wahrscheinlichkeit strenge Prinzipien der Kausalität verwirren, verschieben oder ersetzen. Um das populärste Beispiel für diese Widersprüchlichkeit noch einmal aufzurufen, sei daran erinnert, dass die in Schrödingers Gedankenexperiment eingeführte (und inzwischen aufgrund ihres zombiehaften Zwischenwesens oder als zu rettendes Opfer der Wissenschaft zu populärkulturellem Ruhm gelangte⁵) Katze lebt *und* tot ist. Beides ist exakt gleich wahrscheinlich oder unwahrscheinlich – zumindest so lange wie die Kiste ungeöffnete *black box* bleibt. Die Phiole, mit der sie von Schrödinger in ihrer Kiste auszuharren verdammt ist, zerbricht aufgrund des radioaktiven Zerfalls und tötet das bedauernswerte Tier nach normalem Ermessen – oder, ebenso wahrscheinlich: sie zerbricht nicht und tötet nicht.

Das Paradoxon beruht, kurz gesagt, darauf, dass verschiedene Zustände eines geschlossenen, also von der Wechselwirkung mit der Außenwelt isolierten Systems (hier: der Kiste), durch Überlagerung der Zustände wieder zu einem stabilen Zustand des Systems führen können. Ein Zustand der Überlagerung nach Wahrscheinlichkeitsregeln wird als Zustand der Superposition bezeichnet, der Schrödingers Gedankenexperiment würdigende Begriff »cat-state« ist hierfür geläufig geworden: Solange die Kiste geschlossen bleibt, das heißt keine Beobachtung stattfindet, ist keine der beiden Möglichkeiten eingetreten: Der Atomzerfall hat weder stattgefunden, noch hat er nicht stattgefunden, die Katze ist weder tot, noch ist sie nicht tot, sie befindet sich vielmehr in einem unbestimmten Zustand: Die Logik der Quantenwelt produziert untote Zombiekatzen.

Ähnlich prekär steht es dann um die Ideen der Kausalität und des klassischen Determinismus:

»Für Newton wäre es möglich gewesen, den gesamten Ablauf der Zukunft vorherzusagen, wenn wir den Ort und den Impuls eines Teilchens im Universum kennen würden; für den modernen Physiker ist Vorstellung einer sol-

5 Neben Fanartikeln wie die Rettung der Katze fordernde oder deren Überleben trotziger feiernde (»Schrödinger's cat is alive!«) T-Shirts ist die Anzahl popkultureller Referenzen unüberschaubar. Der eigens dafür aufgesetzte Wikipedia-Artikel »Schrödinger's cat in popular culture« listet Beispiele aus Belletristik, Lyrik, Film, Fernsehen, Popmusik, Videospielen, Comics, Kartenspielen u.a.m.; vgl. Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Schr%C3%B6dinger's_cat_in_popular_culture

chen perfekten Vorhersage sinnlos, weil wir nicht einmal von *einem* Teilchen den Ort und den Impuls genau kennen.« (Gribbin 2014, 173; kursiv i.O.)

Die Institution der Kausalität gerät so noch in ganz anderer Weise unter Druck als durch die den Begriff verschiebenden, verzerrenden oder erweiternden Experimentalstrategien des 19. und frühen 20. Jahrhunderts (vgl. Gradmann/Schlich 1999). Spätestens mit der Publikation der Schlussfolgerungen zur Unbestimmtheit in der »Zeitschrift für Physik« im Jahr 1927, die von zahlreichen Experimentalphysikern als Affront aufgefasst wurde – schien sie doch auf den ersten Blick vor allen Dingen zu unterstellen, deren Experimente seien nicht präzise genug, um Ort und Impuls gleichzeitig experimentell zu bestimmen – war die *Unbestimmtheit* in der Welt. Dabei ging es nicht *allein*, wie häufiger missverständlich behauptet wird, um den Einfluss der Messung auf das zu messende Objekt, also etwa die Strahlung eines Gammastrahlen-Mikroskops, die ein Elektron aus dem Atom herausschlägt. Zwar ist dieser Einfluss unstrittig, doch sind die Folgen des Unbestimmtheitsprinzips sehr viel weitreichender: »Nach der fundamentalen Gleichung der Quantenmechanik gibt es so etwas wie ein Elektron, das sowohl einen präzisen Impuls als auch einen präzisen Ort besitzt, überhaupt nicht.« (Ebd.) Dass bis heute in die Quantentheorie eingeführt wird, indem man Studenten zunächst mit der Unbestimmtheitstheorie bekannt macht (statt sinnvollerweise umgekehrt die Unbestimmtheit aus den Quantengleichungen abzuleiten), führt, Gribbin zufolge, zu dem oben erwähnten häufigen Missverständnis, »bei der Unbestimmtheit handele es sich ausschließlich um experimentelle Beschränkung und nicht um eine fundamentale Wahrheit über die Natur des Universums« (ebd., 174), wie dieser wiederholt beklagt.

Nicht eine technische oder sonstige ›Verbesserung der Apparate oder Experimentalanordnungen‹ löst das Problem der Unbestimmtheit; das Problem des intervenierenden Beobachtungsaktes ist ebenfalls kein ausschließlich technisch lösbares, da der Beobachter notwendiger Teil des Experiments ist. Was – nach der Kopenhagener Deutung – qua Experiment lediglich messbar wäre, sind ein Atom und ein Elektron im Energiezustand X, beim nächsten Messversuch im Energiezustand Y. Vermutlich ist das Elektron von X nach Y gesprungen – jene »verdammte Quantenspringerei!«, an der Schrödinger verzweifelte – ebenso wahrscheinlich jedoch ist, dass man ein völlig *anderes* Elektron betrachtet, als das in der ersten Messung ›beobachtete‹. Überdies lassen sich überhaupt keine Aussagen darüber treffen, was das Elektron tut, wenn es sich mal für einen Moment ›unbeobachtet fühlt‹: »Wir können

gar nichts darüber sagen, was geschieht, wenn wir nicht hinschauen [...] Manchmal findet man Dinge im Zustand A, manchmal im Zustand B, und die Frage, was dazwischen liegt oder wie sie von einem in den anderen Zustand gelangen, ist völlig sinnlos.« (Ebd. 177)

Ein neuer Wirklichkeitsbegriff wurde so auf verschiedenen experimentellen Wegen generiert: Es konnte behauptet werden, es gebe keine Wirklichkeit, solange sie nicht wahrgenommen wird, denn ›Realität‹ im landläufigen Sinne ist spätestens mit der Quantenmechanik »keine angemessene Vorstellung über das Verhalten der fundamentalen Teilchen, aus denen das Universum sich zusammensetzt« (Gribbin 2014, 18). Es findet sich hier die Grundlage jener Teile konstruktivistischer Theorie, die behaupten (wie auch Niels Bohr und mit ihm Heisenberg behauptet haben), Wirklichkeit entstehe erst dadurch, dass wir sie beobachten (Heisenberg 1987, 66, zit.n. Lukoschik 1999, 269), da sie eine Potentialität ist und keine feststehende und in allen Teilen bestimmbare Entität.⁶ Auf die Frage: ›Ist der Impuls verborgen oder nicht vorhanden, während wir den Ort bestimmen?‹ muss in der Folge geantwortet werden, dass beide Merkmale, Impuls wie Ort, *potentiell* gegenwärtig sind, jedoch nicht *wirklich*, solange kein Versuch zu ihrer Messung unternommen wird:

»Erst im Beobachtungsakt, im Zusammenwirken von Meßmittel, Meßobjekt und Beobachter wird die Potentialität zur objektiven Realität und erscheint im Meßdatum« (Lukoschik 1999, 269f.). Dem Beobachtungsobjekt kommt also kein bestimmter Ort zu, »es ist über unendlich viele Orte verteilt,

6 Anhänger der fundamentalen und polemischen Kritik, die im Sinne eines ›Neuen Realismus‹, die Beobachter- und Bewusstseinsabhängigkeit (sowie Paradigmen der sozialen Konstruktion von Erkenntnis) als Konstruktivismus schmähen, der in dieser Lesart immer ein potentiell gefährlicher postmoderner Relativismus ist, geprägt von einer »Angst« vor der objektiv bestimmbaren Wahrheit, schmähen, finden hier den Grenzfall ihrer nach eigener Einschätzung »intuitiv einleuchtenden Auffassung«. Auch wenn nach Ansicht dieses Paradigmas die Dinge zunächst einmal schlicht existieren, und zwar »unabhängig von menschlichen Ansichten« und man über diese zu Einschätzungen kommen kann, »die objektiv vernünftig und ohne Rücksicht auf soziale und kulturelle Perspektiven für jeden verbindlich sind« (vgl. Boghossian 2013, hier: 134), nachdem es nicht gelungen sei, trotz genauester Prüfung, »irgendwelche guten Argumente für konstruktivistische Auffassungen zu finden« (133): In der Quantenphysik existieren die Teilchen »als Tatsachen über die Welt« (27), aber eben nicht »unabhängig von uns« (ebd.), sondern gerade in ihrer beobachterabhängigen Unbestimmtheit – mit voraussichtlich komplizierten Folgen für einen vermeintlich »nicht-perspektivischen Realitätsbegriff« im so genannten ›Neuen Realismus‹.

nicht tatsächlich, aber ›potentiell‹ (Lukoschik 1999, 270). Dies gilt in gleicher Weise für seine anderen physikalischen Eigenschaften wie Geschwindigkeit, Impuls, Wellenlänge oder Frequenz. Es gilt dabei zu bedenken, dass Realität in diesem Sinne konstituiert ist als das Zusammenspiel dreier Pole: »der Potentialität der Mikroobjekte, der der Meßinstrumente – Licht-›Teilchen‹ oder auch andere Elementar-›Teilchen‹, mit denen Mikroobjekte beobachtet werden und die selbst Mikroobjekte sind – und der Wirklichkeit des Beobachters« (Lukoschik 1999, 270).

›What you see is what you get‹ (›WYSIWYG‹) als epistemologisches Grundprinzip quantenmechanischen Zugriffs auf die Mikrowelt lässt folglich nicht das Experiment aufgrund unzureichender Präzisierung oder Abschirmung obsolet werden – die Lesart der von der Quantentheorie provozierten zeitgenössischen Experimentalphysiker – es schränkt zunächst einmal nur den Geltungsbereich der zu ziehenden Schlussfolgerungen ein: »Eine experimentelle Beobachtung besitzt nur im Rahmen des Experiments Gültigkeit und kann nicht dazu benutzt werden, Einzelheiten von Dingen, die wir nicht beobachtet haben, zu ergänzen.« (Gribbin 2014, 188)

Weitaus entscheidender ist aber für den vorliegenden Zusammenhang etwas Anderes – für heutige Begriffe des Experiments oder des Experimentalsystems beinahe schon selbstverständlich Gewordenes – nämlich die über die Quantenmechanik gewonnene, theoretisch fundierte und experimentell abgesicherte Einsicht: »Man muß das Ganze beachten: Die Apparatur, die Elektronen und der Beobachter sind insgesamt Bestandteile des Experiments« (ebd., 189), in welchem das Potentielle überhaupt erst zu – jeweils ephemerer – Aktualität kommt.

Bedeutet aber, wie Heisenberg glaubte, die auf Unbestimmtheitsrelationen fußende Seinsweise realer mikrophysikalischer Phänomene im Modus der Potentialität »die quantitative Fassung des alten Begriffs der [...] ›Potentia‹ in der Philosophie des Aristoteles« (Heisenberg 1959, 25), ist sie »gewissermaßen die Wendung des antiken ›Möglichkeitsbegriffes‹ vom Qualitativen ins Quantitative« (Heisenberg 1987, 140; zit.n. Lukoschik 1999, 271)? In der Beantwortung dieser Frage kommen diverse Gemeinsamkeiten im jeweiligen Denken des Verhältnisses von Potentialität und Realität zum Tragen, doch muss auch, gewissermaßen gegen Heisenbergs Einschätzung, auf einige fundamentale Differenzen verwiesen werden. Einerseits wird – analog zum Wirken der *morphe* (Form) bei Aristoteles, welche die dem Stoff inhärenten Formen aktiviert und damit realisiert – im experimentellen Beobachtungsakt die Potentialität der Mikrowelt »zur tatsächlichen Existenz der ob-

jektiven Dingwelt befördert« (Lukoschik 1999, 273). *Morphe* und Messung entsprechen einander insofern, als sie »das aktive, schöpferische Element bei der Schaffung der objektiven Realität« (Lukoschik 1999, 274) sind. Ebenso gilt für die aristotelische *Potentia* wie für die quantenphysikalische *Potentialität* als »in sich geformte, bestimmte Mannigfaltigkeit von Tendenzen« (Lukoschik 1999, 275), dass sie nicht bloße Denkmöglichkeiten darstellen, sondern reale Möglichkeiten, gleichsam »Strukturelement des Wirklichen selbst« (ebd.) sind.

Andererseits denkt Aristoteles *hyle* (Form) und *morphe* (Stoff/Materie) nicht als Gegenstände der objektiven Realität, sondern als ontologische Prinzipien. Beim Aufeinandertreffen von Messobjekt (z.B. Elektron) als Potentialität und Messmedium (z.B. Lichtquant), wird der Sachverhalt dadurch kompliziert, dass letzteres, da ebenfalls Mikroobjekt, in gleicher Weise potentiell existiert. An die Stelle des Zusammen-Wirkens zweier ontologischer Prinzipien tritt also das Aufeinandertreffen zweier *Potentialitäten*, deren Wahrscheinlichkeitsamplituden sich lediglich zeitweise überlagern. Dieses Aufeinandertreffen erzeugt allein noch keine objektive Realität, denn es mangelt dem Prozess an einer genuin nicht-potentiellen Seinsweise, um im Sinne Aristoteles' Realität zu evozieren. Dieser Mangel kann nur vom Beobachter selbst ausgefüllt werden, nicht jedoch als biologisch-physikalisches Objekt (als Ansammlung zahlreicher Mikroobjekte), sondern allenfalls als beobachtendes Bewusstsein im Akt der Registrierung.

Wird aber das Bewusstseins in dieser prominenten Form zum Bestandteil des Experiments (nämlich als eigentliche *morphe*), dann schreibt die moderne Physik »den [von ihr] so heftig kritisierten cartesianischen Dualismus« (Lukoschik 1999, 277) in anderer Form fort oder die Materie wäre bloße Projektion eines experimentierenden Bewusstseins, Physik würde bestenfalls umgewidmet in Psychologie: Eine Konstitution objektiver Realität aus der Potentialität jedenfalls käme in keinem Fall zu Stande, »denn dafür bedarf es eben des Paares Form und Materie, Akt und Potentia« (ebd.; kursiv im Original). Bei Aristoteles sind überdies Form und Materie als immer schon ko-existent und ko-extensiv gefasst. Dies zu übertragen auf Bewusstsein und Potentialität in der Physik, hätte nicht nur zur Folge, dass es ohne Materie kein Bewusstsein gibt, da letzteres erst durch diese real wird, sondern dass auch umgekehrt weitere naturwissenschaftliche Prämissen zu fallen hätten, etwa, hier wird die Dimension des Problems erkennbar, die Evolutionstheorie *in toto* widerlegt wäre, da folglich vor dem Auftauchen von Bewusstsein keinerlei Materie existiert haben könnte.

Zu konstatieren ist also zunächst eine *strukturelle* Differenz zwischen *Hylemorphismus* und Denken der *Unbestimmtheitsrelation* in Bezug auf den Begriff der *Form*, der in Heisenbergs Konzeption fehlt beziehungsweise in unbefriedigender Weise über das Bewusstsein als Hilfskonstruktion geleistet wird. Die theoretischen und (onto-)logischen Konsequenzen dieser Setzung bedenkt Heisenberg nur knapp, wenn er in »Physik und Philosophie« (Heisenberg 1959) den Versuch unternimmt, »die Mikrophysik über den Potentialitätsbegriff naturphilosophisch an Aristoteles anzubinden« (Lukoschik 1999, 278). Hinzu kommt eine grundlegende *funktionale* Differenz von *Potentia* und *Potentialität* in Bezug auf Wirklichkeitskonstitution und -erkenntnis: *Potentia* als ontologische Kategorie konstituiert Seiendes an sich, während *Potentialität* als physikalische Kategorie Seiendes als Element eines bestimmten Wirklichkeitsbereiches lediglich charakterisiert – pointierter formuliert: »Potentialität ist selbst Seiendes, *Potentia* ist ontologisches Strukturelement jedes Seienden« (Lukoschik 1999, 279). Der physikalische Messprozess lässt sich demnach nicht ohne weiteres unter Rückgriff auf den *Hylemorphismus* aristotelischer Prägung beschreiben und weniger noch, wie Heisenberg dies vor-schwebt, als Analogie *in diesen einschreiben*.

Dennoch ist mit der Unbestimmtheitsrelation und den daraus folgenden Konsequenzen Folgenreiches für eine Neukonzeption des Wirklichkeitsbegriffs geleistet. Die Naturwissenschaften wirken auf diese Weise zentral mit an der stetigen Rekonzeptionalisierung eines immer weiter differenzier-ten Realitätsbegriffs. Die Ergebnisse Heisenbergs verweisen in doppelter Hinsicht auf die Notwendigkeit der interdisziplinären Einbeziehung aller Wissenschaftsbereiche in ein derart komplexes Unternehmen wie es ein Verstehenwollen dessen, was als sichtbar und messbar gemachte Realität bezeichnet wird, darstellt. Die inter- oder transdisziplinäre Forschung am wissenschaftlichen Wirklichkeitsbegriff (wie an anderen komplexen Begriffsmodellen) fungiert zugleich als bereichernde Supplementierung und als kritisches Korrektiv. Im skizzierten Spannungsfeld kritisierender Bezugnahme unter Disziplinen und Experten kann Wissenschaft den komplexen Herausforderungen von Theorie als Wissenschaftspraxis sowie von Sichtbarmachung als komplexer medialer, epistemologischer, sozialer, politischer Konstellation möglicherweise etwas besser gerecht werden.

Schließlich kristallisiert sich im oben Skizzierten eine quantenmechanische Verhältnisbestimmung von Potentialität und Aktualität heraus, die anwendungsbezogen durchaus welthaltige Folgen zeitigt (von der Atomenergie über Lasertechnologie bis zur Gentechnik) und uns epistemologisch deshalb

vor so eminente Herausforderungen stellt, weil hier Sichtbarkeitsproduktion einerseits, über die besprochene Zuschreibung von Referenz und Evidenz, realitätsstabilisierende Funktion hat, *gleichzeitig* jedoch immer und unausweichlich weitere Unbestimmtheiten mitproduziert. Nicht zuletzt darum inspiriert die konstitutiv notwendige Verschränkung von Apparatur, Objekt und Beobachter zu Theoriebildungen, die unter explizitem Rückgriff auf Quantentheorie die mannigfaltigen Verbindungen von Technik, Materie, Diskurs, Erkenntnis und politischer *agency* weiterdenken, um »das Universum auf halbem Wege treffen« zu können (Barad 2007) – wie im Weiteren näher ausgeführt werden wird.

Entscheidend ist, dass für die Wissensproduktion im hier ausgewiesenen Feld zunächst keine Vorgängigkeit einer der beteiligten Instanzen proklamiert werden kann, denn damit wären produktive Unbestimmtheiten voreilig bestimmt oder ausgeschlossen. Das Experiment als Messung eines Zustandes bringt als solches keine pikturale Sichtbarkeit hervor, sondern Daten, deren Ausgabe in unterschiedlichsten Formen vorgenommen werden kann. Dies trifft zwar, wie erwähnt, auch auf andere elektronische Messverfahren (Elektronenmikroskopie, Scans und Rasterungen aller Art), digitale Ausgabeformate und Interfaces zu. Die Teilchen- respektive Quantenphysik selbst scheint, eingedenk ihres Wissens um Unbestimmbarkeitsverhältnisse und sich daraus ergebende Darstellungsproblematiken, jedoch ein besonders privilegierter Ort für die Auseinandersetzung mit den Grenzen des Sichtbaren und der Leistungsfähigkeit des Bildes – als epistemisches wie als vermeintlich bloß illustrierendes – zu sein.

Repräsentationen des Unbestimmbaren: K/Ein Bild von Schrödingers Katze

Der Kunsthistoriker James Elkins führt diese Komplexität im Zusammenhang mit der Teilchenphysik in seinem Buch »Six Stories from the End of Representation« (2008) für die Frage des Bildes exemplarisch vor. Elkins versucht den skizzierten Herausforderungen beizukommen, indem er explorativ eine Reprogrammierung kunstgeschichtlicher Forschung vornimmt, und zwar für eben jene Bereiche, in denen es um Bilder geht, die nicht »einfach« darstellen, sondern *gleichzeitig* demonstrieren; wie Objekte sich der Darstellung entziehen – Bilder mithin an der Grenze der Repräsentierbarkeit.