

Eckhard Geitz, Christian Vater und Silke Zimmer-Merkle

Einleitung: Black Boxes

Bausteine und Werkzeuge zu ihrer Analyse

Es gibt Begriffe, deren Gebrauch viral wird, wurden sie erst einmal in den akademischen Diskurs eingeführt. Sie sind griffig und zu einer bestimmten Zeit und an einem bestimmten Ort lassen sie sich dazu verwenden, einen bestimmten Typ von Phänomen zu bezeichnen. *Black Box* ist gegenwärtig im akademischen Gespräch, in Arbeitsgruppen oder auf Fachkonferenzen ein solch allgegenwärtiger Begriff. Gleichwohl wird der Begriff *Black Box* an Stellen, wo es zu erwarten wäre, kaum diskutiert: Weder in offiziellen noch in inoffiziellen Repositorien¹ finden sich Spuren zur *Black Box*, die über den metaphorischen Gebrauch des Wortes in Überschriften hinausgehen. In der *British Library*, in der *Library of Congress* oder in der *Bibliothèque Nationale de France* sind Bücher verzeichnet, deren Titel – in Paraphrase – „das Öffnen der *Black Box* eines wichtigen Gegenwartsproblems“ versprechen, die „die *Black Box* einer menschlichen Eigenschaft erklären“ wollen oder die ganz technisch maschinelles Lernen oder informatische Modellbildung vermitteln. Wenig Beschäftigung findet hingegen mit dem theoretischen Konzept, den materiellen Artefakten oder ihrer Systematik und Geschichte statt.² Auch in der ansonsten detaillierten, technikfreundlichen und vierteljährlich aktualisierten *Stanford Encyclopedia of Philosophy*³ findet sich kein eigenes Lemma. Im deutschsprachigen Raum scheint zwar die Metapher vom „Öffnen der *Black Box*“ häufig in kritischer Absicht verwendet zu werden – etwa mit Blick auf unzugänglich wirkende soziale Systeme oder (informations-)technische Artefakte –, gleichzeitig findet sich aber in der *Deutschen Nationalbibliothek* kaum etwas jenseits metaphorischer Referenzen.⁴ Der Mittelstraß'schen *Enzyklopädie Philosophie und Wissenschaftstheorie* reichen 16 griffige Zeilen, die Peter Janich⁵ formuliert hat, und die sich zwischen der ersten Ausgabe des Bandes 1 (noch A–G) 1984 und der aktuellen zweiten Ausgabe des Bandes 1 (nun A–B) 2005 nicht verändert haben. Der

1 Vgl. philpapers.org, monoskop.org, academia.eu, jstor.org, auch gen.lib.rus.ec.

2 Gleichwohl gibt es Ausnahmen, wie zum Beispiel einen 1960 deklassifizierten Bericht des National Defence Committee von 1946 zum zeitaktuellen Stand der Radarstörungs-Technologie.

3 Die ersten Lemmata, die hier online gestellt wurden, datieren bezeichnenderweise beide auf den 14. September 1995: „Gottlob Frege“ und „Turing Machines“ – hier könnte man einen „*Black Box*“-Artikel erwarten.

4 Von Hilgers 2010 spricht auf Seite 139 von 12.000 Treffern in der Google-Suche – diese quantitative Tiefenlotung über einen beliebigen Datenraum scheint im Vergleich zu einem kuratierten Datenraum aber irrelevant zu sein. Es finden sich nur wenige *semantisch* (also fachlich) einschlägige Arbeiten, der Unterschied zur Fundzahl *metaphorischer* (auch rhetorisch-werblicher) Verwendungen der Zeichenkette „*Black Box*“ ist bemerkenswert.

5 Janich (2005 [1984]).

Black-Box-Artikel bleibt auf das Wesentliche reduziert, er verweist auf die Lemmata ‚Kybernetik‘ und ‚Modell‘ und führt keine Literaturangaben an: Eine Black Box, ein Schwarzer Kasten, sei ein in Kybernetik und Regeltechnik ausgearbeitetes Verfahren, das unbekannte Teile eines Systems über deren Input und Output erschließen würde, und es sei als solches sowohl in der Technik als auch in ingenieurs- und naturwissenschaftlichen Fächern im Gebrauch. Darüber hinaus eigne es sich für die Analyse und Konstruktion technischer Artefakte. Andererseits könne es auch heuristisch verwendet werden, um mittels „erklärender konstruktiv planender Hypothesen“⁶ zur Modellbildung beizutragen.

Relevant erscheinen außerdem vier einschlägige Veröffentlichungen, die typischerweise zitiert werden, zu denen sich diskursive Spuren finden oder denen wir eine zukünftige Wirkmacht unterstellen wollen: Ein grundlegender nicht-technischer Text, der als genuiner Beitrag zur Black Box-Theorie gelesen werden kann, ist Bruno Latours *On Technical Mediation – Philosophy, Sociology, Genealogy* von 1994.⁷ Ziel Latours ist es, die Rolle materieller Dinge für unser Handeln zu klären und Grundsätzliches zur Technik- und Konzeptgeschichte zu schreiben. Ein Baustein ist hierbei eine epistemische Operation, mittels derer er die Suche nach Black Boxes auf die uns umgebende Alltags- und Arbeitswelt ausdehnt. Er konstatiert, dass wir von Black Boxes umgeben seien, die, wenn wir sie öffnen würden, Teile enthielten, die selbst wieder Black Boxes einzelner Teile seien.⁸ Jede dieser Black Boxes habe wieder eine Geschichte und eine Binnenstruktur. Der für ihn relevante Sprung liegt jedoch darin, diese Black Boxes als ‚geworden‘ aufzufassen – genauer: als ‚gemacht‘. Diesen Prozess des Black Box-Werdens und des Herstellens von Black Boxes benennt er mit dem Verb *black boxing* und stellt detailliert und visualisiert ein siebenstufiges Genesemodell zur Verfügung – vom Aufkommen des Interesses an der Vermittlung verschiedener Elemente bis zum Vergessen der Tatsache, dass ein nun komplexes System ‚eingeboxt‘ wurde. Die fertige Black Box bei Latour ist die ‚vergessene‘ Black Box – ein Motiv, das immer wieder auftauchen wird. Dieser Konstruktionsprozess sei aber auch reversibel. Zwar verwendet Latour die Begriffe nicht, doch man könnte von einer frühen Theorie des prozessualen *Un-Boxings* oder des *Re-Engineerings* sprechen. Dass hierbei die Artefakte und unsere Praktiken untrennbar zusammenfallen, stellt für Latour kein Problem dar, würden wir doch dadurch lernen: Diese Artefakte, das sind wir selbst.⁹

Ein zweiter Text, der häufig zitiert wird, liegt erst seit 2010 vor und ist ein Beitrag von Philipp von Hilgers zum siebten Band der *Kulturtechnik*-Reihe des gleichnamigen Berliner *Helmholtz Zentrums* unter dem Thema *Rekursionen. Faltungen des Wissens*.

⁶ Janich (2005 [1984]).

⁷ Latour 1994.

⁸ Latour 1994, 37: „Each of the parts inside the black box is a black box full of parts.“

⁹ Latour 1994, 64: „They deserve better. They deserve to be housed in our intellectual culture as full-fledged social actors. They mediate our actions? No, they are us.“

Von Hilgers erkundet dort die *Ursprünge der Black Box*¹⁰ und legt ganz gemäß des Berliner Forschungsprogramms großen Wert auf eine Orientierung am gegebenen Artefakt, das für ihn aus seiner (wissens-)archäologischen Perspektive zum Prototyp der Black Box und zum Bildgeber des metaphorischen Begriffs wird. Das Konzept der Black Box ist für ihn interessant, da es zu den Entstehungsbedingungen der Kybernetik gezählt werden muss und sich in ihm Begriff und Ding treffen. Die Erforschung der Entstehung eines Dings soll ihm dabei helfen, die weitere Entwicklung dieses Dings und als Folge auch unserer Konzepte besser zu verstehen – eine rückgekoppelte Faltung des Wissens. Er kann nicht nur ein prototypisches, sondern sogar ein archetypisches Ding – ein Urartefakt – identifizieren: Einen verplombten schwarzen Koffer, in dem der Physiker Edward Bowen den Prototyp einer kriegsentscheidenden Erfindung der Radartechnologie (das Magnetron) 1940 im Rahmen des strategischen Technologietransfers von England in die USA brachte – wobei das Gerät selbst wiederum gegen unbefugtes Öffnen empfindlich geschützt war. An der Grenze zwischen Geheimnistransfer und Kriegstechnologie soll sich also die beiläufige Erfindung der Black Box ereignet haben.¹¹ Im Gegensatz zu Latours Auffassung – so von Hilgers¹² – sei es hierbei genauso plausibel, die Black Box an den *Anfang* eines Entwicklungsprozesses zu setzen, und sie nicht erst als sein *Endprodukt* zu erwarten. Die Feststellung von Hilgers', die Geschichte der Black Box beginne sich gerade erst in ihren Konturen abzuzeichnen, gerade weil sie immer noch ihre Wirkung entfalte,¹³ lässt sich aus unser Sicht bestätigen.¹⁴

Heike Weber wiederum reaktualisiert in einem 2017 erschienenen Aufsatz¹⁵ den Begriff Black Box in Hinblick auf die rezenten Forschungsprogramme der *Science and Technology Studies* und *Material Culture*. Im Anschluss an Latour¹⁶ entwirft sie eine Technikphänomenologie entlang der Black Box-Metapher, die sie aber so wörtlich

¹⁰ Von Hilgers 2010.

¹¹ Diese Geschichte ist nur eine unter anderen. Weniger abenteuerlich, dafür umso plausibler ist die Erfindung der Feedbackschaltung zur Signalverstärkung (und Rauschdämpfung) 1934 durch den Elektroingenieur Harold S. Black im Auftrag der Bell Laboratories: der Erfinder eines Rückkopplungskastens wurde zu dessen Namensgeber – Black's Box. Hierzu mehr im Beitrag von Vater in diesem Band.

¹² Von Hilgers 2010, 141.

¹³ Von Hilgers 2010, 153.

¹⁴ Wo die Herausgeberinnen hingegen nicht zustimmen können ist von Hilgers' Kant-Exkurs auf Seite 137: Kant wird hier dargestellt als Denker des *Enlightment*, der im Vertrauen auf Vernunft und Mathematik keine Schwarze Kiste unausgeleuchtet gelassen hätte. Auch wenn die Metapher hier das gefällige Wortspiel anbietet: Mindestens die ‚Kategorien‘ können als Black Boxes gefasst werden, die ein die Grenzen und Voraussetzungen der Erkenntnis markierender Kant als Schematismus auf seine diagrammatischen Tafeln anzeichnet und so in sein Modell des Erkenntnisapparates des Menschen einschreibt. Dazu bald eine Arbeit von Florian Arnold und Christian Vater.

¹⁵ Weber 2017.

¹⁶ Genauer: „When many elements are made to act as one, this is what I will now call a black box.“, Latour 1987, 131, Kapitel: *Machines*.

wie möglich auffassen möchte: Die Entstehungsgeschichten von zivilem Alltagsgerät liefern ihr die Beobachtungsgegenstände. Der Fotoapparat, der Radioempfänger, die Waschmaschine und das Telefon werden entlang ihrer Geschichte verfolgt. Dabei lässt sich beobachten, dass die Anzahl der Bedienelemente abnimmt und die technischen Bauteile hinter Blenden verschwinden. Technische Komplexität diffundiert – ganz wörtlich genommen – in undurchsichtige schwarze Kästen. Zwischen uns und den Apparat tritt eine gestaltete Oberfläche, deren Komplexität historisch abnimmt: Technikenntnis wird irrelevant, wenn Interface-Design gelingt und die Black Box in ihrer Handhabung aufgeht – mit gravierenden Folgen auch für gesellschaftliche Machtverhältnisse und individuelle Handlungsmacht.

Zuletzt wollen wir auf Martina Heßlers zentralen Aufsatz *Das Öffnen der black box. Perspektiven der Genderforschung auf Technikgeschichte* hinweisen.¹⁷ Ausgehend von der zentralen These, dass Geschlechtsidentität und Technik in einem „Ko-Konstruktions“-Verhältnis stünden, tritt sie den Gang durchs Museum an und nimmt das Ausgestellte als Zeugnis einer verdichteten sozialen Realität, die – in einer weiteren von Latour entlehnten Black Box-Formulierung¹⁹ – reibungslos „etabliert“ sei, wenn sie museales Artefakt geworden ist. Doch so sehr die ausgestellten Artefakte der Technikgeschichte Heßlers Denken anregen, so wenig verharret sie in ihrer Betrachtung: Genauso wie Technik in ‚Schwarzen Kisten‘ verschwindet, so verschwinden in diesen auch Konzepte. Die Übung des *Un-Boxing*²⁰ kann also ebenso auf Konzepte übertragen werden in der Hoffnung, dadurch einen passenden Umgang mit durchaus brisanten Kategorien wie „Geschlecht“ zu finden. Ein ‚Museum der Identitätsangebote‘ könnte die Historizität dieser Zuschreibungsgewohnheiten herausarbeiten²¹ – im Wechselspiel mit der Ausstellung gegebener Artefakte, in denen diese evaluativen Gewohnheiten²² verkörpert und ‚eingeboxt‘ sind.

¹⁷ Heßler 2016.

¹⁸ Heßler 2016, 20.

¹⁹ Die Latour-Stelle, die Heßler anführt, ist aus dem Glossar der ANT in *Pandora's Hope* entnommen. Die deutsche Übersetzung von 2002, die sie zitiert, stimmt jedoch nicht mit dem englischen Original überein – die Suhrkamp-Übersetzung schreibt von „Black Box“ (Substantiv, also Zustand) – wobei es Latour im englischen Original um „Black Boxing“ (Verb, also Tätigkeit) geht. Daher hier zum Abgleich: „Black BoxING: An expression from the sociology of science that refers to the way scientific and technical work is made invisible by its own success. When a machine runs efficiently, when a matter of fact is settled, one need focus only on its inputs and outputs and not on its internal complexity. Thus, paradoxically, the more science and technology succeed, the more opaque and obscure they become.“, Latour 1999, 304.

²⁰ Nicht wörtlich bei Heßler 2016.

²¹ Auch mit dem (im praktischen Sinne) mataphysischen Ziel, *Binarität* als evaluative Gewohnheit und Prinzip ontologischer Schematabildung zu denormalisieren, also Zweiteilung von Klassen in sortaler Absicht nicht mehr Regelfall sein zu lassen.

²² Für den Begriff der „evaluativen Gewohnheit“ gebührt Gottfried Heinemann Dank.

Changieren zwischen Ding und Modell

Unter Black Boxes werden häufig materielle Gegenstände verstanden. Solche materiellen Gegenstände sind begreif- und handhabbar – zumindest, solange sie vollständig und funktionstüchtig sind, und solange ihre Stabilität nicht aufgrund ihrer altersbedingten Fragilität gefährdet wird. Auch mit dem besonderen Fall, dass ein Artefakt gegen Zugriff gesichert ist (zum Beispiel über Verschlussmittel), oder sich sogar bei Detektion eines Zugriffs selbst zerstört, kann umgegangen werden: Es können besondere Arbeitsumgebungen eingerichtet werden, um brisante Black Boxes zu öffnen – das Re-Engineering²³ der Industriespionage oder der (militärischen) Geheimdiensttätigkeit wäre sonst unmöglich.

Aber Black Boxes – die im vorigen Abschnitt kurz vorgestellten Texte belegen dies – können auch nicht-materielle Gegenstände sein, die im Magazin gesammelt und im Museum ausgestellt werden können: Ein Begriff in einem Denksystem, ein Symbol in einem technischen Bild, ein Konzept in einer vermittelten Praxis. Ein Wort kann in einem Satz erfolgreich verwendet werden, ohne dass eindeutig klar ist, was es genau bedeuten soll. Ein Bauelement kann in eine Blaupause eingezeichnet sein und nur seine Funktion an- und einschreiben, ohne Präferenz für eine konkrete Realisation;²⁴ es können Tätigkeitsfolgen vorgemacht werden, die erfolgreich nachgemacht werden können, ohne dass dafür eine Begründung geliefert wird.²⁵

Das vielleicht Interessanteste am Begriff der Black Box: Er ist – ironischerweise – selbst als eine Black Box verstehbar. Ein Begriff, der allgegenwärtig Verwendung findet, der gut funktioniert, mit dem es also eine Bewandnis zu haben scheint. Gleichzeitig ist der Begriff unpräzise und wird uneinheitlich verwendet. Wir wissen wohl, dass es sich um eine Entlehnung aus der Regeltechnik des frühen 20. Jahrhunderts handelt und sein Gebrauch in verschiedensten Disziplinen auf unterschiedliche Weise üblich ist. Er wurde beispielsweise in die behavioristische Psychologie überführt und dort als Marker des Unverstandenen, aber Wirksamen, gesetzt. Die Kybernetik der Nachkriegszeit popularisierte ihn zunehmend, maßgeblich auch durch den Gebrauch durch Ross Ashby und Norbert Wiener,²⁶ woraufhin er von Multiplikator*innen zahlreicher Disziplinen aufgegriffen wurde.²⁷

²³ Für eine Durchführung siehe Beitrag Borbach in diesem Band.

²⁴ Ein gutes Beispiel ist die logische Notation der Schaltalgebra konkret geplanter Apparate.

²⁵ Beispiele dafür sind Kampfkünste, Tischmanieren oder die Wissenschaft selbst.

²⁶ Einschlägig: Ashby 1956. Interessanterweise Verwendung des Begriffs bei Wiener (1948 [1961]) nur in der Einleitung zur zweiten Ausgabe und dort im Kontrast zur *White Box* (xi, FN 1), deren Schaltkreise im Gegenteil zur sich feedbackförmig selbstorganisierenden *Black Box* statisch und gemäß vorab geplantem Input-Output-Verhältnis gelötet seien. Trotz der Differenz in Wortverwendung und Betrachtungsintensität: Das britische Standardwerk und das US-amerikanische enthalten ihn, sowohl der britische Ratio-Club als auch die US-amerikanische MACY-Gruppe werden ihn verwendet haben (und zwar durchaus auch in seiner Bedeutung als spezieller *feedback mechanism*).

²⁷ Zum Verhältnis vom Begriff der Black Box und der Systemtheorie siehe Luhmann 1984, 275 ff.,

Die Frage, ob eine Black Box zuerst ein Gegenstand war oder ein Konzept, ist unbeantwortet: War eine Black Box ursprünglich ein Artefakt, dessen spezielle Eigenschaften (versiegelt, aber funktional wirksam) im Prozess der Metaphernbildung auf epistemische Objekte übertragen wurden? Gab es erst die Gewohnheit, im Prozess der Modellbildung (noch) nicht realisierter Technologie funktional gefasste zukünftige Bauteile zu markieren und ihren Zweck, ihren Signallauf, nicht aber ihre Binnenstruktur zu bestimmen? Ist die Black Box ein Visualisierungs- und Erzählwerkzeug der Technikzukünfte²⁸ mittels derer zukünftige Technologien präsentiert werden, ohne im Detail auf deren technische Umsetzung und Funktionsweise einzugehen, so, wie man dies aus „weicher“ Science Fiction wie *Star Trek* kennt?²⁹

Die Black Box changiert zwischen gegebenem Artefakt und Anschreibegewohnheit im Modell. Sie ist als epistemisches Objekt ein Mittler zwischen dem, was materiell greifbar ist, und dem, was gedacht werden kann. Diese Mittlerposition kann sie auf unterschiedlichen Ebenen einnehmen, für die hier folgende Einordnung vorgeschlagen wird:

Zum einen gibt es Black Boxes, die ein Techniker handwerklich baut – wie etwa einen Flugschreiber oder den Homeostat von Ashby, der als epistemisches Objekt für die Kybernetik zentral wurde.³⁰ Dieser Typ von Black Box, der oft Teil eines Experimentes ist oder im Prototypenbau entsteht, ist materiell als Artefakt gegeben und hat einen Körper mit Oberfläche. In dieser Oberfläche sind Schnittstellen zur Verkopplung der Signalleitungen, Bedienelemente und womöglich noch Anzeigen der Funktionstüchtigkeit oder Tätigkeit des Artefakts wie Batteriestand, Arbeitstemperatur oder Speicherbelegung eingebettet.

insbesondere im Kapitel „System und Umwelt“ in *Soziale Systeme. Grundriss einer allgemeinen Theorie*. „Das Input/Output-Schema läßt sich also mit einem ‚black box‘-Konzept verbinden und auch mit Versuchen, unbekanntes und je verschiedenartiges Systemverhalten durch Variation der Außenbedingungen für Input und Output zu beeinflussen. Schließlich kann man sich systeminterne Strukturen und Strategien vorstellen, die Input oder Output aufeinander beziehen und mit wechselnden Problemorientierungen arbeiten, je nachdem, ob Engpässe im Input oder im Output auftreten, und je nachdem, ob sich im Inputbereich oder im Outputbereich Substitutionsmöglichkeiten ergeben. Man versteht so die Attraktivität dieses Schemas für eine rationalistisch und steuerungstechnisch interessierte Systemtheorie.“

28 Zum Begriff der ‚Technikzukünfte‘ siehe das Forschungsprogramm des Instituts für Technikzukünfte (ITZ) des KIT, vgl. Popplow (im Erscheinen). Grundlegend zu Technikzukünften wie hier verstanden Grunwald 2012.

29 Ein Beispiel wäre der ‚Heisenberg-Kompensator‘, der das ‚beamen‘ von Objekten und Personen im *Star Trek*-Universum ermöglicht und bekanntlich sehr gut funktioniert.

30 Der Homeostat ist ein epistemisches Artefakt, das von Ross Ashby 1948 aus Schwingenspulen gelötet wurde. Seine vier kreuzverdrahteten Elemente bildeten ein feedbackgesteuertes ‚ultrastabiles System‘. Für Ashby war hiermit eine Grundschaltung des ‚elektronischen Gehirns‘ konfiguriert. Im Gegensatz zu einem Computer mit digitaler von Neumann-Architektur trennt der Homeostat nicht zwischen Schaltkreisarchitektur und gespeichertem Programm, sondern erreicht seinen intendierten Zielzustand durch wechselwirkendes Dämpfen und Verstärken der Zustände der Einzelelemente.

Zweitens gibt es Black Boxes, die aus materialisierten Praktiken bestehen, den Spuren unserer Notations- und Anzeichnungsgewohnheiten: Eingeführte Zeichen symbolisieren in Blaupausen bestimmte (Kompakt-)Bauteile oder codieren in heuristischen Diagrammen bestimmte erwartete Funktionsweisen. Beispiele sind komplexe Bauteile, die über Schnittstellen angesteuert werden und die auch Datenimpulse abgeben, oder Softwareblöcke, die als genormte Subroutine wiederverwendet oder aus Bibliotheken aufgerufen werden.

Eine dritte Kategorie wären Black Boxes, die aus epistemischen Dingen bestehen: Ideale theoretische Gegenstände, die in Denkprozessen und in akademischen Aushandlungssituationen auszumachen sind. Sie dienen als Platzhalter komplexer Sachverhalte, die auf den ersten Blick verborgen oder unzugänglich sind. Ein Grund dafür wäre, dass man sie aufgrund des arbeitsteiligen und interdisziplinären Vorgehens (noch) nicht kennt, ein anderer, dass die im Zeichen gebündelten und eingefalteten Zusammenhänge in Vergessenheit geraten sind, wohl aber die Funktionszusammenhänge noch benötigt werden. Die Turing-Maschine oder das Saussure'sche Zeichenmodell sind als Fälle für diesen Typ zu nennen.

Warum öffnen?

Doch warum nun die Black Boxes, die andere mühevoll und mit technischer Finesse versiegelt haben, öffnen? Warum sich nicht mit dem Funktionieren eines Bauteils, dessen Funktionsweise erprobt und dessen Verwendung eingeführt ist, begnügen – materiell, theoretisch oder praktisch? Wozu eine Genese rekonstruieren oder eine Geschichte erzählen, wenn doch der Begriff handhabbar ein Konzept bezeichnet, das sachdienlich die Konstruktion brauchbarer Artefakte inspiriert, den Notationsprozess zeitsparend abkürzt oder unsere Ausbildungsgewohnheiten durch Zeichenreduktion übersichtlich im Sinne einer Zeitersparnis begrenzt?

Eine Antwort ist: Die Verwendung des ungeklärten Begriffs erschwert die eigene Arbeit oder trägt zu Missverständnissen bei – vor allem, wenn ein solcher Begriff Konjunktur hat und gleichzeitig in brisanten Zusammenhängen verwendet wird. Denn diese Verwendungsfälle des Black Box-Begriffs für sehr unterschiedliche Typen des Gegebenen in der Gegenwart sind nicht auf ihre technische Funktion zu reduzieren: Schon durch die Black Box als Metapher lädt man im Gebrauch einen Sachverhalt semantisch auf. Ursprünglich gab es nur für genau einen Typ von Bauteil die Bezeichnung Black Box: Für Schaltbauteile, in denen Signalströme auf regulierbare Art rückgekoppelt werden, um so Verstärkungs-, Filter- und auch Phasenübergangseffekte hervorzurufen, deren iterative und exponentielle Struktur im Analogen materiell reproduzierbar, aber im digital-diskreten Symbolsystem schwer einholbar zu berechnen war. Gleichzeitig gab es für genau einen Objekttyp die Bezeichnung Black Box – für Geheim- oder Feindgerät, das geschützt oder erbeutet werden musste, und mit

dem der Umgang brisant war. Die Black Box bei Ashby oder Wiener ist genau das: eine abgeschlossene Feedbackkiste, ein Bauteil für technisch gewünschte Rückkopplung und ein Zeichen zum diagrammatischen Anschreiben dieser Funktionen und Effekte in Schaltplänen, auch, wenn die Arithmetik zur symbolischen Beschreibung zu aufwendig oder kaum fassbar war.

Wie kann der vorliegende Sammelband an bisher Gesagtes und Ungesagtes zum Begriff der Black Box anknüpfen? Zunächst soll gezeigt werden, inwiefern der Begriff der Black Box geeignet ist, theoretische Werkzeuge sowie gegebene Phänomene und Artefakte zusammenzubringen und auf ihr Wechselspiel hin zu untersuchen. Dies ist interessant für Technikuntersuchungen, wie sie im Rahmen der Digitalisierung der Arbeitswelt, der Kultur, der Kommunikation und der Bildung zur Zeit anliegen. Allerdings reicht das Vorhaben dieses Bandes auch darüber hinaus: zur Frage nach dem Verhältnis von Wahrnehmen und Wissen, von Dingen und Wörtern, von Praxis und Theorie. Entstanden ist dieser Sammelband auf der Grundlage eines Workshops eher als Feldstudie und weniger am Reißbrett. Die Herausgeber*innen haben den Teilnahmeaufruf so verfasst, dass sich möglichst unterschiedliche Positionen wiederfinden und möglichst heterodoxe Praktiken eingeschlossen werden konnten. Die für diesen Sammelband ausgewählten vierzehn Beiträge sind in die vier Abschnitte *Praktiken des Versiegeln und Öffnens*, *Anstalt und Apparat*, *Welt – Werkzeug – Wissen* und *Computerdispositiv* eingeordnet. Das vorliegende Buch kann als Sammlung von Werk- und Denkzeug zum Erkennen, zur Untersuchung und zur näheren Einordnung von Black Boxes und ihrer grundlegenden Konzepte verstanden werden. Das gemeinsame Streben der Autor*innen besteht in der Nutzung und Erprobung von Instrumenten, die sie für die Arbeit an und mit ihren Phänomenen für geeignet halten. Ganz so, wie Werkzeugkisten aller Handwerker*innen etwas über sie selbst, ihre Praktiken und die Artefakte aussagen, an denen sie arbeiten, verhält es sich mit den hier versammelten Beiträgen: Manche der hier aufzufindenden Werk- und Denkzeuge sind so speziell wie die Punze des Büchsenmachers, andere so unabkömmlich und universell wie Maschinenöl; und: keine Werkzeugkiste ist vollständig.

(Un)Möglichkeiten des Öffnens von Black Boxes

Anders gesagt: Hier wird nicht der Anspruch vertreten, jedes einzelne der Elemente, aus denen eine Black Box zusammengesetzt ist, genauso wie ihren Zusammenschluss im Detail zu untersuchen: Eine Black Box darf auch verschlossen und unbeleuchtet bleiben, wenn wir sie begreifen wollen, und nicht immer müssen wir technisch verstehen, wie sie funktioniert.³¹ Die Ausleuchtung des Apparats wird nicht notwendig rekursiv auf seine schwarz bleibenden, verschachtelten Bauteile übertragen. Neben der synchronen Untersuchung bestehender Black Boxes wollen wir verstehen, wie diese entstanden sind – uns interessiert der Prozess des Verschließens oder vielleicht treffender: des Versiegeln.³² Das Herstellen einer Black Box kann ein Verfahren des Verbergens sein, das uns in einem speziellen Fall interessiert, in der Hoffnung, aus dem Nachvollziehen ihrer Genese etwas Spannendes zu lernen. Dasselbe gilt für die Entstehung einer Black Box durch Vergessen oder Überlieferungsverlust, unabhängig von Intentionen und Absichten historischer Akteure. Gleichzeitig ist das Öffnen von Black Boxes ein komplexes Verfahren, sind wir doch konfrontiert mit den ureigenen Herausforderungen empirischen Forschens, ob in den Laboren der MINT-Fächer, im Feld der Sozialwissenschaften oder in der neugierigen, ursprünglichen Weltbetrachtung: Wir wissen (noch) nicht, wie etwas funktioniert, wir können dieses Etwas nur von außen beobachten, und wir können Rückschlüsse aus seinem Verhalten auf seinen inneren, uns unzugänglichen Aufbau ziehen – zumindest, wenn wir die Gefahr vermeiden wollen, dieses Etwas durch unsachgemäße Öffnungsversuche zu beschädigen oder sogar zu vernichten. Versuche des Öffnens von Black Boxes sind Verfahren, in denen empirische Praxis und Theoriearbeit ineinandergreifen, und die unvermeidbar mit Hypothesen- und Modellbildung verbunden sind – kurzum: mit dem Betreiben von Wissenschaft.

Die in diesem Sammelband vorgelegten Einzelstudien stellen Fallbeispiele und Verfahren vor, wie theoretisches Werkzeug zu ihrer Untersuchung genutzt werden kann. Die „Artenvielfalt“ der gegenwärtigen Black-Box-Begriffe ermöglichte vielfältige Ansätze und eine interdisziplinäre Auswahl. Aus den eingegangenen Beitragsvorschlägen wurden für den Workshop Session-Themen destilliert, die sich wie von selbst *Bottom-Up* zeigten. Aus diesen Sessions wurden leicht umgestellt die Abschnitte dieses Bandes. Die Diversität unserer Abschnittstitel ist daher (unbeabsichtigtes) Ergebnis unseres Vorgehens, hier das *Gemeinsame* zu finden – unabhängig von einem systematischen Anspruch an ästhetisch wohlgeformte und passende Kategorien. Zum Abschluss jedes Abschnitts werden diese ausführlich durch die schriftliche Fassung der Respondenz gewürdigt, die im Rahmen des Workshops den Auftakt zur Diskussion der Beiträge bildete.

³¹ Auch, wenn dies hilft – und manchmal sogar Erkenntnisbedingung sein kann.

³² Wir danken Marcus Popplow für den Hinweis darauf, dass eine Black Box ‚versiegelt‘ wird.

Abschnitt 1: Praktiken des Versiegelns und Öffnens

Design von Black Boxes findet nicht nur im nachrichtentechnischen und psychologischen Innen statt, sondern auch dort, wo Verhalten ein- und ausgegeben wird. Florian Arnold ruft das Cybersyn-Projekt der chilenischen Allende-Regierung – Vergegenständlichung kybernetischer Gouvernamentalität sozialistischer Prägung – in Erinnerung. Ein wesentliches Artefakt von Cybersyn war der *operations room*: Ein begehbares Interface, von dem aus die (polit-ökonomische) Steuerung des Staatswesens stattfinden konnte. Arnold stellt Designrationalismus und Designtotalitarismus einander gegenüber. Ersterer drücke sich im Interfacedesign des *Opsroom* aus, wie er von Gui Bonsiepe gestaltet wurde, und den Zweiten versteht Arnold als (programmierte) Folge von Regierungsmaschinen. Diese würden gegenwärtig nicht nur politische Systeme umfassen, sondern ebenso in inflationärer Anzahl Subjektivierungsprozesse, an deren Urheberschaft auch die User*innen selbst beteiligt sind.

Dass der Umgang mit technischen Geräten der Gegenwart nicht nur einer sein kann, der ihre Oberflächen affirmativ aufnimmt, sondern dass hier auch die Möglichkeit liegt, die Oberflächen aufzuschrauben, zu ‚hacken‘ und so geöffnete Black Boxes nachzubauen, ist die Spur, die Verena Kuni in ihrem Beitrag aufnimmt. *Critical Making*, die in letzter Konsequenz haptische Manipulation von Black Boxes, wird hier als eine fundamental kritische Praxis der DIY (Do-It-Yourself) und Hackerszene analysiert, als voraussetzungsvolles Gegenüber eines indifferenten Konsumismus, der laut Kuni mit der Mystifizierung von Artefakten wie dem Smartphone einhergeht.

Einen Sonderfall von (womöglich kritischer) Praxis nimmt Urich Blanché in den Blick, wenn er sich mit dem international bekannten Streetarkünstler und Popkulturphänomen Banksy befasst. Dieser schreibt seine Kunst anonym in urbane Räume ein und bleibt dabei selbst eine menschliche Black Box, deren Versiegelungsstrategien als subversive künstlerische Praxis mit Gewinn untersucht werden können.

Das Black-Box-Konzept des Informationsphilosophen Vilém Flusser kristallisiert sich für unterschiedliche Beiträge dieses Bandes als relevanter Bezugspunkt heraus. Daniel Irrgang benennt als zentrales Flusserianisches Konzept bezogen auf Black Boxes ihre strukturelle Komplexität und funktionelle Einfachheit. Irrgang zeichnet die diskursiven Bezüge nach, anhand derer erklärbar wird, wie Flusser durch die Auseinandersetzung mit Max Bense und Abraham Moles zu seinem kybernetischen Verständnis der Black Box kam. Irrgang führt dabei nicht nur aus, wie Flussers Konzept im Widerspruch zu seinen Ideengebern steht – für Moles zum Beispiel sind Black Boxes nämlich sowohl strukturell als auch funktionell komplex –, sondern inwiefern diese Widersprüche auch sein eigenes Werk betreffen.

Abschnitt 2: Anstalt und Apparat

Praktiken der Herstellung grundlegender Normabweichungen im Sozialen – der ‚Wahnsinn‘ wäre ein klassischer und prägnanter Fall eines solchen Prozesses – sind immer auch Praktiken der Herstellung von Räumen. Mit Rekurs auf Entwicklungen hin zu einer digitalisierten Psychiatrie bezieht Eckhard Geitz die Flusser’sche Black Box auf Foucaults Konzept der ‚Heterotopie‘, des ‚Anderen‘, des ‚utopischen Raums‘. Er plädiert dafür, die hier aufzufindenden Begriffe und theoretischen Konzepte zum Ausgangspunkt einer Auffaltung zu nutzen, von der aus das Dehnen und Stauchen von Raum und Zeit der Miniatur-Heterotopie einer digitalisierten Psychiatrie zu untersuchen wäre.

In ihrem Beitrag über die kybernetische Steuerung durch die aufzuspaltende Black Box *Apple Watch 4* analysieren Anna-Verena Nosthoff und Felix Maschewski ein Artefakt, dem die Verhaltensänderung seiner Träger*innen als Zweck implementiert ist und das dementsprechend beworben wird – der stete Wettbewerb des aktuellen Selbst mit dem bestmöglichen Selbst, demgemäß dasjenige Selbst am fittesten, am schnellsten, am zufriedensten ist, das sich gesund ernährt, ausreichend schläft und die eigenen Körperfunktionen über die eigene Performance perfektioniert. Nosthoff und Maschewski verstehen das Artefakt selbst als ‚Super-Black-Box‘ im Flusser’schen Sinne, das in neue Dimensionen behavioristischer Manipulation und biopolitischer Steuerung vorstößt.

Dass in einem hochkomplexen Klinikbetrieb – vor allem, wenn es sich dabei um eine große Universitätsklinik handelt – Black Boxes auf unterschiedlichen Ebenen miteinander verschränkt sind, liegt nahe. Spannend ist die Frage, was ein gangbarer Weg des ‚Un-Boxing‘ wäre und welche Black Box für ein solches Forschungsvorhaben als besonders geeignet scheint. Maike Janssens Untersuchungsgegenstand ist die Einführung einer Kliniksoftware im Bereich der Nierentransplantation. Durch die Verknüpfung diverser methodologischer Zugänge und inspiriert durch Adele Clarkes Situationsanalyse schlägt Janssen ein Theorie-Methoden-Paket vor, das nicht nur zu ihrem Gegenstand passt, sondern grundsätzlich als Angebot verstanden werden kann, Aushandlungs- und Herstellungsprozessen der Digitalisierung (von Gesundheit) bis auf die Ebene der Softwareentwicklung zu folgen.

Bei der Black Box, mit der sich Philipp Zeltner in seinem Beitrag befasst, handelt es sich um eine molekularbiologische. CRISPR-Cas9, die metaphorische „Genschere“, ist eine Technologie, mit der Erbgut von Lebewesen verändert werden kann. Zeltner argumentiert, dass die diskursive Bedeutung und biopolitische Relevanz sich nicht aus der CRISPR-Cas-Technologie selbst erklären lässt. Die Herstellung des Gegenstands sei eng mit militärischen Arsenalen und Strategien des (kalten) Kriegs verknüpft – und zwar sowohl bezüglich der Metaphorik als auch hinsichtlich ihrer Anwendung. Die Produktion dieser neuen Wissensart müsse somit eingebettet in ihre Entstehungsgeschichte gedacht werden.

Abschnitt 3: Welt – Werkzeug – Wissen

Im Zentrum des Beitrags von Christoph Borbach steht eine medienwissenschaftliche Auseinandersetzung mit dem von Alexander Behm entwickelten technischen Artefakt ‚Echolot‘. Borbach bietet zunächst eine ausführliche Diskussion zweier medientheoretischer Perspektiven auf Technologie an, die er als diametral entgegengesetzt auffasst: Der technozentrierten Materialismus Friedrich A. Kittlers auf der einen und die Akteur-Netzwerk-Theorie (ANT) nach Bruno Latour auf der anderen Seite. Diesen konkurrierenden Ansätzen stellt Borbach den technikphilosophischen Zugang Gilbert Simondons vermittelnd zur Seite, den er auf seinen eigenen Gegenstand fruchtbar anwendet. Mit Simondon kann Borbach zeigen, dass die Herstellungsbedingungen des Artefakts ‚Echolot‘ weder aus der Technik allein noch exklusiv aus dem ihn umgebenden Akteur-Aktanten-Netzwerk rekonstruierbar ist. Die Bestimmung der Herstellung des Echolots als Technikgenese im Sinne Simondons braucht sowohl den Blick in ein „komplexes Gewirr von Drähten, Ankern, Schrauben, Elektromagneten und dergleichen“ als auch auf Praktiken, Rationalisierungsstrategien und die ökonomischen Bedingungen seiner Hervorbringung.

Eine weitere historische Black Box öffnet Michael Ott in seinem Beitrag über die Druckwerkstatt Johannes Gutenbergs, die durch ihre Strategien des Verheimlichens und Verbergens als opake Technologie konstituiert war. Potentielle Konkurrenten sollten nicht wissen, wie Gutenbergs Buchdruck funktioniert. Dem Buchdruckergebnis sollte daher die Komplexität seiner Herstellung nicht angesehen werden. Ott zeichnet exemplarisch widersprüchliche Bewegungen nach, denen die beweglichen Lettern seit ihrer Erfindung unterworfen waren: Die Buchdruckwerkstatt war zunächst ein komplexes Gefüge aus Maschinen, Menschen und Praktiken zur Herstellung von Büchern. Während durch technische Innovationen die Heterogenität dieses Ortes abnahm, verlagerte sie sich auf die Seite des Interfaces, wo gegenwärtig die Rollen von Autoren, Lektoren, Setzern, Herausgebern und Buchdruckern in einer einzigen Software aufgehen. Gleichzeitig simulieren die gängigen aktuellen Textverarbeitungsprogramme fast schon ironischerweise die Herstellung von Buchseiten nach Gutenberg’scher Manier.

Wann und auf welche Weise werden Werkzeuge zu Werkzeugen? Könnte es sich auch bei Naturgegenständen wie Steinen, die auf eine bestimmte Art und Weise genutzt werden, um Black Boxes handeln – eventuell um solche, die nahtlos verschweißt, quasi gottgegeben in der Welt sind? Oliver Schlaudt fügt das vorgeschichtliche Phänomen des Auffindens von Dingen mit dem gegenwärtigen Auffinden zusammen. Die Parallele: Der Aneignungsversuch in Zweckentfremdungen („Exaptationen“). Die Frage: Wie gut lassen sich unter dem Eindruck des Fortschritts mit Blick auf technologische Entwicklungen Zwecke noch entfremden?

Abschnitt 4: Das Computerdispositiv

Das Heinz-Nixdorf-Museum (HNF) in Bielefeld ist ein Ort, an dem ein umfangreiches Korpus an Rechen- und Aufschreibesystemen aufbewahrt und der Öffentlichkeit zugänglich gemacht wird – Black Boxes in Hülle und Fülle. Henning Mayer, Florian Muhle und Indra Bock haben sich für ihren Beitrag mit MAX beschäftigt, einem Roboter, der im HNF Gäste begrüßt und via Sprachprogramm dazu gebracht werden soll, mit Menschen zu kommunizieren. In ihrer Interaktionsarchitekturanalyse befassen sich Mayer, Muhle und Bock mit den Grenzen des Programms und dem ‚Un-Boxing‘ des virtuellen Agenten. Ihre Beobachtung und Analyse will insbesondere die Fehleranfälligkeit und ‚Imperfektheit‘ jedes (gemachten) Artefaktes berücksichtigen; MAX gilt ihnen als eines dieser imperfekten Artefakte.

Christian Vater entfaltet in seinem Beitrag eine Vielzahl von Verknüpfungen um Alain Turings Praktiken des Rechnens und Programmierens: Strategische Effekte von Rechenmaschinen, die für Turings Arbeitskontext relevant waren, Turings Austausch mit Zeitgenossen zu Fragen des Maschinenlernens – insbesondere mit Teilnehmer*innen der MACY-Konferenzen und Mitgliedern des Ratio-Club – und die Bedeutung der nachrichtentechnischen Black Box für Turings Konzepte. Damit stützt Vater seine These, dass eine Reduktion von Turings Arbeit auf den logischen Gehalt seiner Texte wesentliche Aspekte dessen außer Acht lässt, was für den Herstellungsprozess einer sogenannten ‚Künstlichen Intelligenz‘ relevant sein könnte.

Den Abschluss dieses Sammelbandes bildet Hans-Peter Schütt mit einem Text zum Verhältnis von Automatenbegriff und Menschenbild in ihrer historischen Entwicklung, in dem er sich an zentraler Stelle damit befasst, was wir von Descartes über Alan Turings berühmten Test lernen können. Außerdem erinnert uns Schütt daran, wie begrenzt die Auswirkung der geisteswissenschaftlichen Theoriebildung auf konkrete gesellschaftliche Entscheidungsprozesse typischerweise sein wird (und vielleicht auch sein muss) – eine Haltung, aus der heraus eine ruhige und besonnene Selbstbestimmung der Geisteswissenschaften in der Auseinandersetzung um die Technik möglich wird.

Dank

Die spezielle epistemische Funktion des Black-Box-Begriffs zwischen Artefaktgattung und Konzeptnotation wäre in der Workshop-Vorbereitung nicht in einer allerersten provisorischen Näherung greifbar geworden ohne die speziellen Ausgangsbedingungen einer Kooperation der Universitäten Heidelberg und Karlsruhe. Die Verbindung der Theoriebildung ‚Materialer Textkulturen‘ (mit praxeologischem Schwerpunkt) des gleichnamigen Heidelberger Sonderforschungsbereichs 933 mit

der Technikgeschichte des Instituts für Technikzukünfte am KIT erwies sich als Glücksfall. Ursprünglich als allgemeines Symposium zum Verhältnis und Wechselspiel von theoretischen Begriffen und Fallbeispielen entworfen, trug die Engführung auf Black Boxes als Anker in der intensiven gemeinsamen Planungsphase maßgeblich dazu bei, Orientierung zu geben und fachlichen Austausch zu fördern.

Ohne die großzügige Finanzierung durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft und die Offenheit des SFB 933 bei der Bewilligung der Reisestipendien unserer Gäste wäre die Ausrichtung auf den wissenschaftlichen Nachwuchs aus ganz Deutschland nicht möglich gewesen. Der vorliegende Band hat daher auch das Ziel, in Anknüpfung an die Arbeit der Heidelberger Theorie AG des SFB einen Beitrag zur Begriffsklärung in einem speziellen und interessanten Fall zu leisten. Neben allen konkreten und projektbezogenen Zielen, denen wir bei der Konzeptionalisierung des Workshops gefolgt sind, gab es eine weitere Absicht, allerdings im Hintergrund und vor einem langfristigen Zeithorizont: Unser Workshop sollte auch zum Projekt der Versöhnung der ‚zwei Kulturen‘³³ beitragen und zeigen, dass eine dritte Kultur möglich ist, an der MINT- und Kultur-Wissenschaftler*innen gleichermaßen und im Dialog teilhaben,³⁴ erleichtert dadurch, dass konkrete Artefakte und vollzogene Praktiken gleichzeitig empirisch untersucht und an Theoriebildung rückgekoppelt verortet werden können. Aus diesem Grund haben wir den Workshop in die Aktivitäten des *Interdisciplinary Network for Studies Investigating Science and Technology* (INSIST) eingegliedert.

Der nicht geringste Dank gilt Arne Cypionka für Unterstützung bei der Manuskriptvorbereitung, Christiane Schröter für unersetzliche Lektoratsunterstützung, Joscha Barisch und Ulrich Blanke für Kommentare und Diskussion, Klaudija Ivok für aufmerksame Fahndendurchsicht sowie nicht zuletzt Nicolai Schmitt für den Satz. Ein Buch zu machen ist eine arbeitsteilige Kulturtechnik, und dies gilt weiterhin – auch, wenn unsere Werkzeuge Digitalcode bearbeiten.

Literaturverzeichnis

- Ashby, W. Ross (1956), *An Introduction to Cybernetics*, London.
- Brockman, John (1995), *The Third Culture. Beyond the Scientific Revolution*, New York.
- Deleuze, Gilles (1992 [1989]), „What is a dispositif?“, in: Timothy J. Armstrong (Hg. u. Übers.), *Michel Foucault. Philosopher*, New York, 159–168. – ders. (1989), „Qu'est-ce qu'un dispositif?“, in: François Ewald (Hg.), *Michel Foucault philosophe. Rencontre internationale. Paris 9, 19, 11 janvier 1988* (Éditions du Seuil), Paris, 185–195.
- Foucault, Michel (2003 [1977]), „Das Spiel des Michel Foucault“, in: ders., *Schriften in vier Bänden. Bd. 3 (1976–1979)*, hg. von Daniel Defert u. François Ewald, aus dem Französischen von Michael Bischoff et al., Frankfurt a. M., 391–429. – folgt: ders. (1994), *Dits et écrits.*, Paris. – Erst.: ders.

³³ Snow 1959.

³⁴ Brockman 1995.

- (1977), *Le jeu de Michel Foucault*, in: *Ornicar? Bulletin periodique du champ freudien* 10 (1977), 62–93.
- Grunwald, Armin (2012), *Technikzukünfte als Medium von Zukunftsdebatten und Technikgestaltung* (Karlsruher Studien Technik und Kultur 6), Karlsruhe.
- Heßler, Martina (2016), „Das Öffnen der black box. Perspektiven der Genderforschung auf Technikgeschichte“, in: Daniela Döring u. Hannah Fitsch (Hgg.), *{Gender; Technik; Museum;}*. *Strategien für eine geschlechter-gerechte Museumspraxis*, Berlin, 19–37.
- Hilgers, Philipp von (2010), „Ursprünge der Black Box“, in: Ana Ofak u. Philipp von Hilgers (Hgg.), *Rekursionen. Von Faltungen des Wissens* (Technikkulturen 7), München, 135–156. – ders. (2011) „The History Of The Black Box. The Clash Of A Thing And Its Concept“, übers. von William Rauscher, in: *Cultural Politics* 7 (1), 41–58.
- Hossenfelder, Sabine (2018), *Lost in Math. How Beauty Leads Physics Astray*, New York. – dies, (2018), *Das hässliche Universum. Warum unsere Suche nach Schönheit die Physik in die Sackgasse führt*, Frankfurt a. M.
- Janich, Peter (2005 [1984, unverändert]), „Black Box“, in: Jürgen Mittelstraß (Hg.), *Enzyklopädie Philosophie und Wissenschaftstheorie, Bd. 1*, Stuttgart/Weimar, 479 [319].
- Latour, Bruno (1987), *Science in Action. How to follow scientists and engineers through society*, Cambridge (MA).
- Latour, Bruno (1994), „On Technical Mediation. Philosophy, Sociology, Genealogy“, in: *Common Knowledge* 3 (2), 29–65.
- Link, Jürgen (2008), „Dispositiv“, in: Clemens Kammler, Rolf Parr u. Ulrich Johannes Schneider (Hgg.), *Foucault-Handbuch. Leben – Werk – Wirkung*, Stuttgart, 237–242.
- Luhmann, Niklas (1984), *Soziale Systeme. Grundriss einer allgemeinen Theorie* (suhrkamp taschenbuch wissenschaft 666), Frankfurt a. M.
- Müller, Olaf L. (2019), *Zu schön, um falsch zu sein. Über die Ästhetik in den Naturwissenschaften*, Frankfurt a. M.
- Popplow, Marcus (im Erscheinen), „Zur Erforschung von Technikzukünften aus technikhistorischer Perspektive“, in: Paulina Dobroć u. Andie Rothenhäusler (Hgg.): *2000 Revisited – Rückblick auf die Zukunft*, Karlsruhe.
- Snow, Charles Percy (1959), *The Two Cultures and the Scientific Revolution* (The Rede Lectures 1959), Oxford.
- Weber, Heike (2017), „Black Boxing? – Zur Vermittlung von Konsumtechniken über Gehäuse- und Schnittstellendesign“, in: Christina Bartz (Hg.), *Gehäuse. Mediale Einkapselungen*, Paderborn, 115–136.
- Wiener, Norbert (1961 [1948]), *Cybernetics. Or control and communication in the animal and the machine*, 2. überarb. Aufl., Cambridge (MA).

