

Der unsichtbare Faden

HANNES RICKLI

Zu Materialität und Infrastrukturen digitaler Tierbeobachtung

In Recherchen zur Aufbauphase eines Experimentalsystems, das die Flugsteuerung bei der Schwarzbäuchigen Fruchtfliege (*Drosophila melanogaster*) am Institut für Neuroinformatik der Eidgenössischen Technischen Hochschule ETH und der Universität Zürich untersucht, stieß ich 2008 auf mehrere Serien von Highspeed-Videoaufnahmen frei fliegender Fruchtfliegen von Steven N. Fry. Sie waren 2006 auf dem Projektserver im Ordner «*first tests*» als graustufige Bitmap-Einzelbildserien abgelegt worden. Im Filmformat abgespielt, zeigen die wenige Sekunden dauernden Sequenzen lateral fotografierte Insektenflüge mit einem wiederkehrenden Muster, das aussah, als würden die Tiere eine bestimmte Flugfigur einüben. Ein einzelnes Tier erscheint jeweils in der linken Hälfte des horizontal langgezogenen Bildfelds und fliegt nach rechts bevor es nach ein paar Flügelschlägen von einer unsichtbaren Kraft in die Bildmitte zurückgeführt wird, worauf es unvermittelt wieder Geschwindigkeit aufnimmt und über den rechten Rand das Bild verlässt. Die formalen Eigenschaften des Bildes – das überlange *Cinemascope*-Format, der mit einzelnen Spuren und Flecken markierte und in der Bildmitte etwas hellere neutrale Hintergrund, die unregelmäßig verlaufenden Bildränder oben und unten sowie die tendenzielle Bewegungsrichtung des beobachteten Objekts von links nach rechts erinnern an chronofotografische Dokumentationen des französischen Physiologen Étienne-Jules Marey Ende des 19. Jahrhunderts. Marey ließ in gleicher Richtung Haus- und Nutztiere von einem Assistenten an einer Leine geführt vor seiner Kamera passieren und vermaß in den Aufzeichnungen deren Gangarten und Bewegungsabläufe. In beiden Projekten stellen die visuellen Produkte lediglich das Rohmaterial der Erkenntnisgewinnung und nicht das wissenschaftliche Ziel dar. Dieses bestand sowohl für Marey in Paris wie auch für den Verhaltensbiologen Steven N. Fry in der nachträglichen Abstrahierung der Bilddaten in stabile mathematische Informationseinheiten.

Betrachte ich diese Überreste und Spuren wissenschaftlicher Vorarbeit aus der Perspektive des Künstlers, interessieren mich verschiedene Aspekte, die auf die eine oder andere Weise mit Ästhetik zu tun haben. Mit ästhetisch meine ich hier die Frage der sinnlichen Wahrnehmbarkeit von Handlungen, Räumen und Zeitlichkeit in den Vorgängen der Tierbeobachtung sowie die Materialität der in die Erkenntnisprozesse involvierten Medien und technologischen Infrastrukturen. Wie wandeln sich Mensch-Tier-Medien-Raum-Zeit-Verhältnisse im Übergang von analogen zu digitalen Forschungspraktiken und wie sind sie materiell verfasst? Welche Kräfte und Energien steuern diese Verhältnisse? Wie beteiligen sich Medien, Infrastrukturen und Materie etwa in Form von Elektrizität, Stürmen oder Bioaktivität an der Erkenntnisgewinnung? Wie gestaltet die Elektrizität als plastisches Medium der Natur sowie der Wissenschaften den Horizont dessen, was wir über «natürliche Systeme» wissen können und wie begrenzt diese Energie umgekehrt den möglichen Wissenshorizont?

Diesen Fragen gehe ich in Untersuchungen nach, die in den frühen 1990er Jahren begonnen und seit 2007 im Rahmen künstlerischer Forschungsprojekte systematisch stattfinden. Die Fragen und Themen gewannen allerdings erst allmählich Kontur anlässlich von Laborbesuchen und in explorativen Versuchen am videografischen Rohmaterial dreier Arbeitsgruppen in den Biowissenschaften. Die Träger ihrer Forschungsinteressen sind Fische und Insekten einerseits und andererseits die Apparaturen ihrer Experimentalsysteme, mit denen sich die Fragen materialisieren lassen, die sie an die Tiere stellen.¹ Im Lauf der langjährigen Zusammenarbeit mit den Biologen Philipp Fischer, Helgoland,² Hans Hofmann, Austin, Texas³ und Steven N. Fry, Zürich⁴ konnte ich die Entwicklung ihrer Forschungsfragen und Experimentalsysteme mitverfolgen. Die Forschungsfelder der drei Gruppen und die wichtigsten Verfahren, mit denen sie arbeiten, sind Molekularbiologie und Neurowissenschaften in Koppelung mit *Bioinformatik* (Hofmann), Fischökologie der Küste Spitzbergens mittels *remote sensing* (Fischer) und Biomechanik mit *3D-Trackit*-Systemen (Fry). Die Dynamik ihrer technologiebasierten Forschungen lässt sich als eine Art Pendelbewegung beschreiben, in der das «technische» Ding⁵ zur Bearbeitung

-
- 1 «Experimentalsysteme sind nicht Anordnungen zur Überprüfung und bestenfalls zur Erteilung von Antworten, sondern insbesondere zur Materialisierung von Fragen.» Hans-Jörg Rheinberger: *Experimentalsysteme und epistemische Dinge. Eine Geschichte der Proteinsynthese im Reagenzglas*, Frankfurt/Main: Suhrkamp Verlag 2006, S. 25.
 - 2 Biologische Anstalt Helgoland, Alfred-Wegener-Institut, Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung, <https://www.awi.de/ueber-uns/organisation/mitarbeiter/philipp-fischer.html> vom 30. November 2016. Kooperation seit 2005.
 - 3 Section of Integrative Biology, University of Texas at Austin, <http://cichlid.biosci.utexas.edu/> vom 30. November 2016. Kooperation seit 1994.
 - 4 Institut für Neuroinformatik, ETH und Universität Zürich, <http://fly.ini.uzh.ch/joomlas/> vom 30. November 2016. Kooperation 1999–2011.
 - 5 «Zu den technischen Dingen gehören Instrumente, Aufzeichnungsapparaturen und, in den biologischen Wissenschaften besonders wichtig, standardisierte Modellorganismen mitsamt

des «epistemischen» (biologischen) Dings⁶ selber zum epistemischen (technologischen) Ding wird und so fort. Die sich stetig entwickelnden Technologien durchdringen die biologischen Fragestellungen und erfordern deren Einpassung in die technischen Systeme.

Was haben die Führungsleine und der Assistent in den Esel-Passagen mit der unsichtbaren Kraft, die auf die Flugbahn der *Drosophila* im Windkanal einwirkt gemeinsam? Beide sind, obwohl stofflich unterschiedlich beschaffen und mehr als hundert Jahre auseinanderliegend, auf je spezifische Weise Motive, die mit ähnlichen Effekten und ähnlichem Status im Prozess der Erkenntnisgewinnung die Interaktion von menschlichen und nicht-menschlichen Akteuren anleiten und steuern. Beide ordnen die Beziehungen innerhalb eines Experimentalsystems. Michel Serres würde solche Objekte oder Dinge, die das Zusammenspiel innerhalb des Kollektivs menschlicher, tierischer und technologischer Komponenten ermöglichen, formen und auch eingrenzen, wohl mit «Quasi-Objekt» bezeichnen. Er beschreibt ihre Beschaffenheit und Wirkungsweise als wechselhaft und nicht immer klar erkennbar: «Es gibt Objekte, mit denen sich das bewerkstelligen lässt, Quasi-Objekte, Quasi-Subjekte, von denen man nicht weiß, ob sie Wesen oder Relationen, ob sie Bruchstücke von Wesen oder Zipfel von Relationen sind.» Ein Quasi-Objekt sei «nur für die Zirkulation da. Es ist im strengen Sinne die Transsubstantiation des Wesens in eine Relation.»⁷ Das Quasi-Objekt «macht» das Kollektiv,⁸ es bringt dieses hervor und organisiert es. Allerdings sei es «blank»⁹ und «geht gegen Null, tendiert zur Abwesenheit in einem schwarzen Kollektiv.»¹⁰ Im Zusammenhang meiner künstlerischen Laborstudien verwende ich für diese besonderen Organisationinstrumente den Begriff «Infrastruktur». Die Infrastruktur liegt normalerweise unterhalb unserer Wahrnehmungsschwelle und

«gilt als ein unsichtbares Substrat – als verbindendes Medium oder Strom zwischen Objekten von eindeutiger Zielsetzung, Form und Gesetzmässigkeit,»

den in ihnen sozusagen verknöcherten Wissensbeständen. Die technischen Bedingungen definieren nicht nur den Horizont des Experimentalsystems, sie sind auch Sedimentationsprodukte lokaler oder disziplinärer Arbeitstraditionen mit ihren Messapparaturen [...]. Sie determinieren die Wissensobjekte in doppelter Hinsicht: Sie bilden ihre Umgebung und lassen sie erst als solche hervortreten, sie begrenzen sie aber auch und schränken sie ein.» Hans-Jörg Rheinberger: Experimentalsysteme und epistemische Dinge, S. 29.

6 «Epistemische Dinge sind die Dinge, denen die Anstrengungen des Wissens gilt – nicht unbedingt Objekte im engeren Sinn, es können auch Strukturen, Reaktionen, Funktionen sein. Als epistemische präsentieren sich diese Dinge in einer für sie charakteristischen, irreduziblen Verschwommenheit und Vagheit.» Ebd., S. 27.

7 Vgl. Michel Serres: «Theorie des Quasi-Objekts», in ders.: *Der Parasit*, Frankfurt/Main: Suhrkamp Verlag 2014, S. 344–360, hier S. 350.

8 Ebd., S. 346.

9 Ebd., S. 353.

10 Ebd., S. 360.

wie die Urbanistin Keller Easterling ausführt.¹¹ Auch wenn sie unsichtbar sind und im Fokus wissenschaftlicher Arbeit eine Nebensächlichkeit darstellen, binden Infrastrukturen große Teile der Ressourcen von Forschungsunternehmen. Die von mir als Künstler initiierte interdisziplinäre Forschungsk Kooperation *Computersignale* untersucht seit 2012 Aspekte der Herstellung und Verarbeitung von Daten in den Biowissenschaften. Ihr gehören neben den Biologen und Künstlerinnen auch erfahrene Wissenschaftsforscher an. Zusammengenommen ergeben mehrere Projektphasen¹² eine Langzeituntersuchung zum Übergang von analogen zu digitalen Forschungspraktiken am Beispiel der drei oben erwähnten Arbeitsgruppen auf Helgoland, in Austin, Texas und in Zürich. Im ersten Projekt *Überschuss. Videogramme des Experimentierens* wurden anhand analoger Videoaufzeichnungen der 1990er Jahre retrospektiv Konfigurationsverhältnisse zwischen menschlichen, tierischen und technischen Akteuren herausgearbeitet sowie die agentielle Rolle der Medien untersucht.¹³ Im Projekt *Computersignale. Kunst und Biologie im Zeitalter ihres digitalen Experimentierens* ging es um die Herstellung von künstlerischen, technischen und theoretischen Zugängen zur Beobachtung der digitalen Datenarbeit in den Laboratorien.

In den folgenden Abschnitten werden die materiellen und konzeptionellen Wandlungen von Quasi-Objekten biowissenschaftlicher Forschung in fünf Stationen nachgezeichnet. Sie haben verschiedene Ausprägungen: Marey's feste Leine, durchsichtige und immaterielle Objekte in Form eines transparenten Nylonfadens und einer *virtual reality*-Umgebung, ein Seekabel und ein Netzwerk von Erdöl- und Erdgaspipelines, Kühlwasser- und Internetleitungen. Während die Quasi-Objekte immer weiter aus der physischen Wahrnehmung verschwinden, nimmt ihre Massivität zu und sie verbinden die Forschung mit Landschaften, Politiken und Ökonomien.

11 Keller Easterling: «Die infrastrukturelle Matrix», in: Zeitschrift für Medienwissenschaft ZfM, Heft 12 2015, S. 68.

12 Details zu den Projekten und Kooperationspartnern s. *Überschuss. Videogramme des Experimentierens* (2007–2009, gefördert durch den Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung SNF <https://www.zhdk.ch/index.php?id=70253> vom 30. November 2016 und *Computersignale. Kunst und Biologie im Zeitalter ihres digitalen Experimentierens* (2012–2015, Förderung SNF), <https://www.zhdk.ch/index.php?id=computersignale> vom 30. November 2016. Das Fortsetzungsprojekt *Computersignale II* ist vom SNF bewilligt worden für die Periode von 2017–2020.

13 Vgl. Hannes Rickli (Hg.): *Videogramme. Die Bildwelten biologischer Experimentalsysteme als Kunst- und Theorieobjekt*, Zürich: Scheidegger & Spiess 2011.

Die Leine

Um 1890 lässt Étienne-Jules Marey in seinem Pariser Institut *Station physiologique* zum Studium ihrer Gangarten eine Serie von Tieren an einer Kamera vorbeiziehen. Die Passagen finden vor einer etwa zehn Meter langen, auf der Fotografie neutralgrau dargestellten Hauswand statt, am Boden sind im Vordergrund Meterabschnitte schwarz und weiß markiert. In einer Serie von drei Versuchen mit dem Titel «Âne, Marche» und der Jahresangabe 1893 wird in der ersten, 26 Einzelbilder umfassenden Sequenz ein Esel von einem Gehilfen an einer losen Leine von links nach rechts durch das langgezogene Bildformat geführt. Der zweite Durchgang geht im Galopp daher. Für den dritten Anlauf wurde vor der Wand eine Uhr mit Sekundenzeiger installiert, die zu laufen beginnt, sobald die Aufnahme startet. Dieses Mal sträubt sich das Versuchstier und bricht nach einem kräftigen Zug des Assistenten an der Führungsleine in Richtung Kamera aus, der Assistent ist bemüht, das Tier am Fotoapparat vorbeizusteuern. Ob die Demotivation des Tiers ausgelöst wurde durch eine Störung in der Umgebung oder einfach dem sprichwörtlichen Charakter des Esels entspricht, ist auf der fotografischen Überlieferung nicht zu ermitteln.

Die Aufzeichnungen scheinen das ferne Echo einer Szenerie zu sein, die kaum Ähnlichkeiten mit zeitgenössischer, technologiebasierter Forschung aufweist. In ihrem rohen, elementaren Zustand enthält sie jedoch wesentliche Elemente und Muster, die auch heute noch bestimmten Formen der Tierbeobachtung und -Vermessung zugrunde liegen. Die Bildserie führt ein Experimentalsystem vor, das aus einem Bündel von menschlichen und nichtmenschlichen Komponenten in raum-zeitlichen Anordnungen besteht. Die Arena, das Tier, der Gehilfe, die Leine, das Metermaß, die Uhr, die Kamera und nicht zuletzt die auf den fotografischen Platten festgehaltene Spur der experimentellen Handlungen sind Motive, die sich im Lauf der Zeit ausdifferenziert haben. Der Strick in Mareys Versuch verweist auf ein Grundprinzip technologisch basierter Verhaltensforschung, das im ständigen Abgleich – einer gegenseitigen Anpassung und Zurichtung der Akteure – besteht, um unter Laborbedingungen ein möglichst «natürliches» Verhalten¹⁴ zu registrieren. Die Eselsleine verfeinert sich in meinen Laborbeispielen um die Jahrtausendwende in Form von Lichtschranken und einem transparenten Faden und dematerialisiert sich in einer virtuellen Umgebung, in der sich die Versuchstiere orientieren.

14 Vgl. dazu auch Christoph Hoffmann: «Eigenleben im Experiment. Zur Erforschung «natürlicher Systeme»», in: Rickli (Hg.) 2011, S. 46–55.



Abbildung 1: Etienne-Jules Marey und Georges Demeny: «Âne, Marche». *Station physiologique*, Paris 1893 (Screenshot).

Der Nylonfaden

Steven N. Fry erforschte 1995 bis 1998 die Zielnavigation bei der Honigbiene (*Apis mellifera*). Er baute ein Experimentalsystem auf, das aus einem runden Flugzelt aus weißer Gaze bestand und einer Videoanlage, die vertikal auf die Basis des Zelts ausgerichtet war. Die Honigbienen aus der Umgebung der Universität traten einzeln in die Arena ein, nachdem sie gelernt hatten, dort eine Futterlösung zu finden. Sie durchliefen eine Röhre und lösten dabei eine Lichtschranke aus, die das Videosystem startete. Im Flugzelt auf einem erhöhten Podest angelangt, orientierten sie sich an zylinderförmigen Landmarken, die in der weiteren Umgebung einer im Boden versenkten Zuckerschale platziert waren. Um die visuelle Orientierungsleistung der Bienen anhand der aufgestellten Markierungen zu messen und den Geruchreiz des Zuckers auszuschließen, deckte Fry das Eingangsloch zur Schale mit einer kleinen Acrylglasscheibe ab. Die Biene ermittelte in einem Suchflug zwischen den Zylindern das mutmaßliche Futterziel. In dem Moment, in dem sie es fand, zog Fry, außerhalb des Zelts positioniert und über das Monitorbild der Kamera mit dem Inneren des Zelts verbunden, an einem transparenten Nylonfaden die Abdeckung der Schale weg, so dass das Insekt in die Ausgangsröhre schlüpfen konnte, wo es seine Belohnung abholte. Bei dieser Gelegenheit beendete es beim Passieren einer zweiten Lichtschranke die analoge Videoaufzeichnung. Ab 1997, gegen Ende seiner Versuchsreihen, setzte der Experimentator eine selbst entwickelte *Trackit*-Kamera ein, die aufgrund der Kontrastverhältnisse im Bildfeld den dunklen Bienenleib während eines Fluges vor dem hellen Untergrund in Nahaufnahme verfolgte. Aus den Kamerabewegungen errechnete das Programm die Daten des zurückgelegten Wegs sowie die Ausrichtungen der Körperachse und stellte sie grafisch dar.

Das halbautomatisierte Experimentalsystem erhob eine Vielzahl von statistisch relevanten Flugdaten. Die Datenauswertung erfolgte zuerst manuell, dann zunehmend digital programmiert. In der Folge wurden Bildmedien vermehrt als optische Sensoren eingesetzt, die Signale in numerische Daten zur Steuerung der Aufnahmesysteme umsetzten bei gleichzeitiger Kontrolle der Bewegungen der Tiere, ohne dass der Beobachter hinterher die visuellen Aufzeichnungen als Bilder betrachten und *frame by frame* bearbeiten musste. Die Delegation der Beziehungssteuerung von Tieren und Aufzeichnungsmedien an den Computer hatte den Effekt einer Dematerialisierung der Beobachter-Objekt-Relation. Ein weiterer Effekt der Automatisierung bestand darin, dass die physische Anwesenheit des Experimentators am Ort seines Systems nicht mehr notwendig war.

Die virtuelle Umgebung

Zur Untersuchung neuronaler Vorgänge der Bewegungssteuerung bei der Fruchtfliege richtete Steven N. Fry ab 2005 einen Windkanal ein, in dem einzelne Insekten, angelockt von Essigduft, frei fliegen konnten. Mit Hilfe eines optischen *3D-Trackit*-Systems sowie einer an die Seitenwände des Kanals projizierten grafischen Musters wurde das Tier an einen Punkt in der Mitte des Flugraums geführt. Basis für die Positionierung der Fliege war die Beobachtung, dass das Insekt eine bevorzugte Fluggeschwindigkeit einzuhalten sucht (*preferred flight speed*). Diese kontrolliert es über seine optische Wahrnehmung. Die *Trackit*-Anlage bestand aus zwei beweglichen Kameras, die vertikal angeordnet das Tier erfassten und die aktuelle Position in Echtzeit an den Rechner zur Steuerung der visuellen Umgebung übermittelte. Das in flexiblen Geschwindigkeiten präsentierte Muster leitete die Fliege zum Zentrum des Windkanals. Befand sie sich dort, wurde während einer Sekunde ein Testmuster dargeboten, das in ihr den Eindruck einer höheren oder niedrigeren Geschwindigkeit hervorrief. Das als Reaktion auftretende Flugmanöver wurde mit einer Hochgeschwindigkeitskamera vermessen, die seitlich die Ausrichtungen der Körperachse und der Flügel mit 1000 Bildern pro Sekunde aufnimmt. Die Echtzeit-Performance des *Trackit*-Systems mit der synchronen Präsentation einer virtuellen Umgebung und gleichzeitiger Vermessung von Körper- und Positionsveränderungen wurde so realisiert, indem aus prozessökonomischen Gründen nur kleine relevante Felder der Hochgeschwindigkeitsbilder ausgelesen und als numerische Werte an den Rechner weitergegeben wurden. Die Bilddaten löschte das System unmittelbar danach, um keine Übertragungsverzögerungen durch Speichervorgänge zu verursachen.

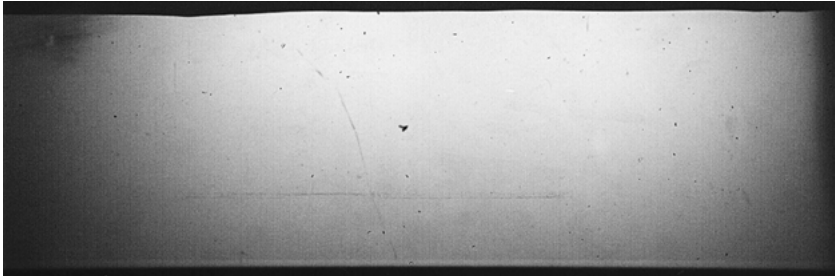


Abbildung 2: *Drosophila* im Windkanal, Highspeed-Aufnahme 2006 (Bitmap-Bild).

Die im Archiv vorgefundenen Videogramme der *Drosophila* sind Reste der Kalibrierung des Systems. Sie dokumentieren die letzte Phase der Vorarbeit zur Justierung der einzelnen medialen Komponenten. Den Fliegenaufnahmen gingen zahlreiche *Trackit*-Versuche mit kleinen, im Luftstrom flatternden Objekten voraus, die die Kamera im Bildzentrum fixieren sollte. Nach rund zwei Jahren war die Einrichtung in der Lage, den Versuchstieren eine «natürliche» Umgebung zu präsentieren. Erst nach der Stabilisierung der technologischen Vorgänge und deren Abgleichung mit dem Tierverhalten konnten die Messreihen in Angriff genommen werden.¹⁵

Aus kulturellen und gesellschaftlichen Perspektiven betrachtet zeigen die visuellen Aufnahmen und mehr noch ihr aus dem Prozess-Fallen und ihr Verschwinden Aspekte einer Entmaterialisierung digitaler Forschungsarbeit auf. Einerseits finden viele der Vorgänge in *Blackboxes* statt, deren innere Prozesse der Wahrnehmung entzogen sind – wir nehmen Teile der Materialität dieser Geräte zwar physisch wahr, etwa ihre Abwärme und die Ventilatoren, die diese abführen. Auf der Ebene des Codes andererseits selektionieren Filteralgorithmen bereits während den Aufnahmen Signale mit wissenschaftlicher Relevanz, die aufgehoben und weiter verarbeitet werden. Nicht vorgesehene Signale löscht das Programm im gleichen Schritt. Damit entfallen Aufzeichnungen wissenschaftlich irrelevanter Materialien, genauer die Spuren des Arbeitsprozesses. Gerade aber diese unbeachteten Reste sind es, welche künstlerische Verfahren retrospektiv so wenden können, dass sie die ästhetischen und materiellen Herstellungsbedingungen von Erkenntnis im Experiment, etwa das individuelle Tier, Gesten des Experimentators, das Abgleichen von Medien und Tieren, konkrete Räume, Objekte und Lichtverhältnisse zeigen. Sie geben Einblick in die Organisation und Interaktionen des «Kollektivs» im Experimentalsystem und machen erkennbar, wie sich dessen Elemente konfigurieren. Als wesentlichen Aspekt führen diese Spuren auch die Zeitlichkeit ihrer Entstehung vor. Mit dem

15 Zu den Forschungsfragen und Versuchsanordnungen s. Kapitel Experimentalsysteme in: Rickli (Hg.) 2011, S. 155 ff.

Verschwinden dieses Materials geht für Laien ein Verlust von Möglichkeiten eines Einblicks in zeitgenössische Forschungspraktiken einher.¹⁶ Die Lücke – das Zeigen des Prozesses anstelle der Vorführung von Resultaten – kann weder von den Forschenden noch von der Wissenschaftskommunikation aufgefüllt werden. Der Frage, wie die Arbeit der Wissenschaften beschaffen ist, geht der Wissenschaftsforscher Christoph Hoffmann nach und stellt fest, dass wir uns in einer «verwissenschaftlichten» Gesellschaft den Wissenschaften gegenüber irgendwie «verhalten» sollten, auch wenn wir oft zu wenig Kenntnisse und Einsichten in ihre Aussagen oder Ergebnisse haben.¹⁷

Mit sich verändernden Materialitäten im Licht neuer Kommunikationsmedien beschäftigte sich Mitte der 1980er Jahre der französische Philosoph Jean-François Lyotard. So richtete er im Centre Pompidou in Paris 1985 die philosophisch-künstlerische Ausstellung *Les Immatériaux* ein, die zu einem großen Teil aus Diskussionen und flüchtigen Manifestationen bestand. Das Anliegen war,

«Sensibilität gegenüber dem Aufkommen neuer Materialitäten und besonders der Telekommunikationstechnologien wie zum Beispiel dem französischen Online-Bildschirmtext-Dienst *Minitel* zu wecken.»¹⁸

Die Kunst, so Lyotard, «besteht heute in der Erkundung von Unsagbarem und Unsichtbarem, man stellt dafür seltsame Maschinen auf, mit denen sich das, was zu sagen die Ideen und was zu spüren die Stoffe fehlen, vernehmbar und spürbar machen lässt.»¹⁹

Zur Untersuchung der Materialität von Messgeräten und Forschungsinfrastrukturen wurde im Kunstprojekt *Computersignale* in einer Unterwasserbeobachtungsstation der Forschungsgruppe von Philipp Fischer an der Küste der Arktischen See vor Spitzbergen eine «seltsame Maschine» installiert, die mit eigenen Sensoren nicht die Natur sondern die elektrischen und elektronischen Emissionen der beteiligten Beobachtungs- und Messgeräte wie Stromversorgung, Fotokamera, Bordcomputer etc. «belauert». Die aufgezeichneten Signale sendet

16 In gewisser Weise geht auch die Möglichkeit verloren, die Aufzeichnungen reversibel zu halten. In Frys Anordnung kommt man von den gespeicherten Daten nicht mehr zurück zur Fliege im Windkanal, etwa, wie sie gerade mit den Flügeln zuckt: die Latoursche Kette der Übersetzungen ist nur noch teilweise zurück verfolgbar. Vgl. Bruno Latour: *Der Berliner Schlüssel*, Berlin: Akademie Verlag 1996, S. 237 ff. (Den Hinweis auf diesen wesentlichen Unterschied zwischen digitalen und analogen Praktiken verdanke ich Christoph Hoffmann).

17 Christoph Hoffmann: *Die Arbeit der Wissenschaften*, Zürich- Berlin: Diaphanes 2013, S. 45.

18 Yuk Hui: «Einige Fragen, das Verhältnis von Materie und Relation betreffend», in: *Zeitschrift für Medienwissenschaft ZfM*, Heft 12 2015, S. 169. Vgl. auch Yuk Hui/Andreas Broeckmann (Hg.): *30 Years after Les Immatériaux*, Lüneburg: Meson Press 2015.

19 Jean-François Lyotard: *Philosophie und Malerei im Zeitalter ihres Experimentierens*, Berlin: Merve Verlag 1986, S. 70.

sie als Audiodaten via Internet nach Zürich. In Form einer *teilnehmenden technischen Beobachtung* erkundet das Projekt Möglichkeiten, Materialitäten und Infrastrukturen sinnlich nicht wahrnehmbarer Vorgänge in Forschungsprozessen und versucht die physischen Spuren der Forschungsarbeit zu dokumentieren. Solche Erkundungen zeigen, wie an der biologischen Erkenntnisgewinnung neben konzeptuellen Fragestellungen die eingesetzten Medien und industriell vorangetriebenen, technologischen Standards mitarbeiten, Ressourcen binden und so in gewissem Sinn den Ausgang der Forschungen mitbestimmen. Zudem stellt sich die Frage nach der agentiellen Rolle der Materie, die in verschiedenen Formen von Energie wesentlich Anteil nimmt am Wissensgewinnungsprozess.

Das Seekabel

Der Unterwasserstation *RemOs1* (Remote Observation System) bin ich im Sommer 2005 zum ersten Mal im Bodensee bei Konstanz begegnet, wo sie die Verstecke junger Barsche beobachtete und fotografierte. Inzwischen ist sie mit der Arbeitsgruppe des Fischökölogen Philipp Fischer nach Helgoland in die Nordsee migriert und für den Einsatz im Salzwasser umgerüstet worden. Seit einiger Zeit arbeitet sie in der Arktis vor Spitzbergen ungefähr tausend Kilometer vom Nordpol entfernt. Zur Langzeiterhebung von Umweltveränderungen in Habitaten von Meereslebewesen wurde die *RemOs1* in Küstennähe abgesenkt und vermisst mittels eines halbstündig aufgenommenen stereometrischen Bildpaars die Entwicklung von Flora und Fauna, die einen in den Kongsfjord vor Ny Ålesund hineinragenden Bereich des Ufers besiedeln. Via Internet nach Helgoland übertragen, werden später die in den Bildern enthaltenen Organismen ausgezählt und in ihrer Größe registriert.²⁰

Als bildender Künstler untersuche ich die Arbeit mit elektrischen und digitalen Medien und Infrastrukturen in der ökologischen Forschung. Wie kann diese Arbeit beobachtet werden, wenn sie einerseits der Sichtbarkeit unter Wasser entzogen ist und zusätzlich in der *Blackbox* digitaler Messgeräte, Switches und virtuellen Rechnern stattfindet? Welche Rollen spielen die Elektrizität und ihre Verfügbarkeit in entlegenen Weltgegenden, was ist das elektrische Gestaltungspotenzial, das die Forschung einerseits ermöglicht und andererseits begrenzt?

Um die Arbeitsprozesse der Unterwasserstation in den Bereich der menschlichen Wahrnehmung zu bringen, setzte meine Mitarbeiterin Valentina Vuksic, Künstlerin und Informatikerin, zusammen mit dem Elektroniker Peter Meyer

20 Der Prototyp der Datenplattform *RemOs1* ist Teil des europäischen Grossprojekts COSYNA (Coastal Observing System for Northern and Arctic Seas), einem im Aufbau begriffenen umfassenden Beobachtungs-System zur Erfassung, Vorhersage und wissenschaftlichen Analyse des aktuellen Zustandes und der Entwicklung der Küsten der Nord- und der Arktischen See, vgl. www.cosyna.de vom 30. November 2016.

im März 2012 in der Werkstatt des Alfred-Wegener-Instituts AWI auf Helgoland Audiosonden in das Gerät ein, bevor es nach Spitzbergen verschifft wurde. Ähnlich wie beim Abhören innerer Vorgänge in Organen mit einem Stethoskop haben wir mit Induktionsspulen neuralgische Stellen ermittelt, wo die elektronische Aktivität der Geräte elektromagnetische Felder produziert. Entsprechende Wandler greifen die Schwingungen als akustische Signale ab. Zur Aufzeichnung des Stromverbrauchs nutzen wir einen eigens angelegten *Bypass* in der Geräteverkabelung. Die elektromagnetischen Schwingungen der digitalen Prozesse und die lastbedingten Schwankungen der Stromversorgung machen Ruheroutinen als Zustände feinstrukturierten Rauschens wahrnehmbar. Von diesen Geräuschen einer ganzjährlich auch während des Polarwinters stattfindenden Geschäftigkeit unterscheiden sich die Auslösemomente der Stereometriebild-Kameras sowie der darauffolgende Datenupload der Bilder über den Bordcomputer ins AWI nach Helgoland. Zusätzlich überträgt ein Kontaktmikrophon mechanische Vibrationen des Gehäuses und Schläge der Auftriebskörper im aktuellen Wellengang. Die insgesamt fünf Audiosignale nimmt ein autonomer Minicomputer (*Gumstix*) via Soundkarten auf und schickt die Daten zusammen mit den Bildern an einen Server des Kunstprojekts nach Zürich.

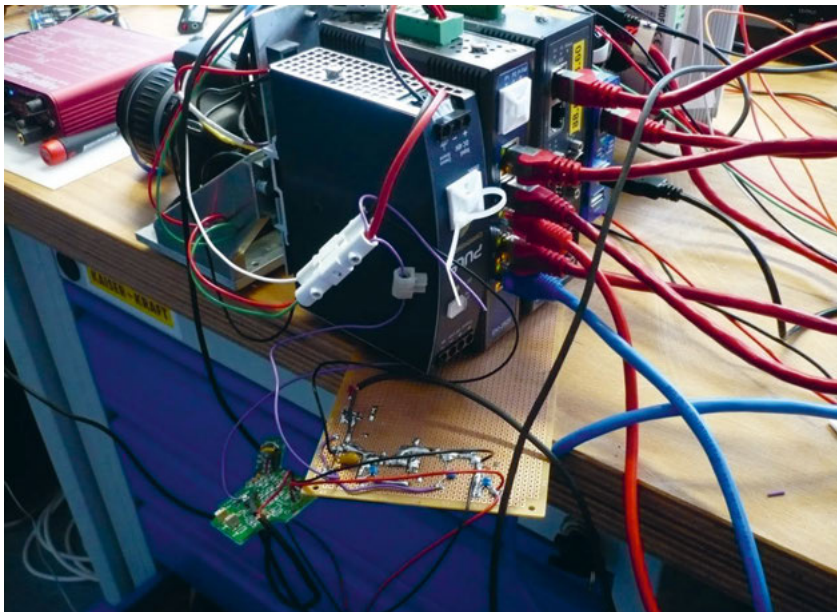


Abbildung 3: RemOs1, Platine elektromagnetischer «Sensor Stromverbrauch» mit Vorverstärker 12.3.2012.

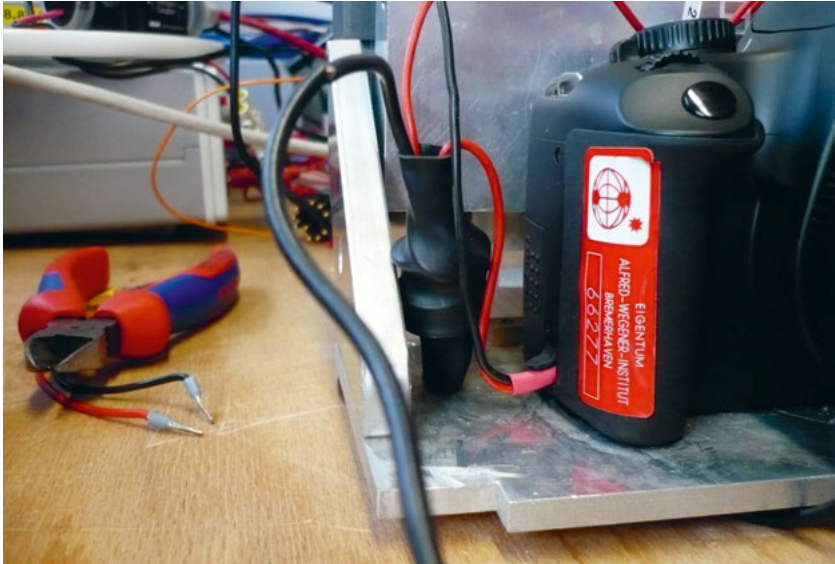


Abbildung 4: RemOs1, elektromagnetischer Sensor «Stereometriebildkamera» rechts 12.3.2012.

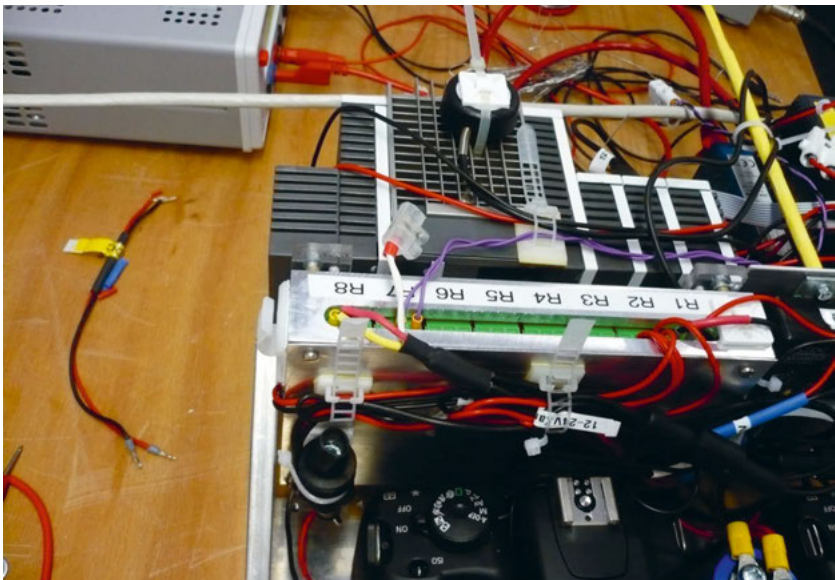


Abbildung 5: RemOs1, elektromagnetischer Sensor «Bordcomputer» (mit Kabelbinder am Gehäuse fixiert oberhalb der Bildmitte) 13.3.2012.

Den elektrischen und elektronischen Aktivitäten von Geräten und Infrastrukturen in Form ihrer physikalischen Emissionen zuzuhören bedeutet, aus der Perspektive der Geräte selber auf die Arbeit der Datenerhebung und -distribution zu blicken. Im Vordergrund steht nicht die Semantik intendierter logischer Operationen eines Algorithmus sondern die meist ungehörten Mikro-Temporalitäten des elektrischen Signals in Prozessoren während der Ausführung der Operationen. Die klangliche Erfahrung verweist auf die materiellen Prozesse digitaler Datenarbeit und macht sie wahrnehmbar. Der Künstler und Medienwissenschaftler Shintaro Miyazaki bezeichnet solche physischen und temporalen Qualitäten der elektronischen Welt in einer Wortschöpfung als *algorhythmisiert*.²¹ Die während der Signalverarbeitung unabsichtlich auftretenden physischen Emissionen der sogenannten Seitenkanäle werden im Computer-Engineering *Traces* genannt und spielen vor allem in der Cyberkriminalität und bei Sicherheitsdiensten eine Rolle. Für das Kunstprojekt *Computersignale* stellen sie die Möglichkeit dar, das Konzept der Spur, das anhand analoger Videoaufzeichnungen zur Darstellung der materiellen Kontexte und Konfigurationsverhältnisse des Experimentierens entwickelt wurde, im Digitalen weiter zu verfolgen. *RemOs1* wurde im Juni 2012 an der Westküste Spitzbergens auf eine aus der Ferne variierbare Wassertiefe von ein bis zwölf Metern abgesenkt und durch eine fest installierte Strom- und Glasfaserleitung mit der Landstation verbunden. Nach einer Experimentierphase wurde sie revidiert und am 15. September 2012 erneut unter Wasser gebracht. Seit diesem Datum speichert das Kunstprojekt ca. 30 Gigabyte Audio- und Bilddaten pro Tag. In einer vom Beginn der Bildproduktion bis heute archivierten Serie wissenschaftlicher Stereometriebilder sind schwarze Lücken erkennbar. Sie entstehen aufgrund von leichten Verschiebungen in der Synchronisation der beiden Stereometrie-Kameras mit dem Blitzlicht oder durch mittel- und langfristige Strom- und Datenübertragungsausfälle. Diese verweisen auf die prekären technischen Bedingungen und Umweltverhältnisse, in denen die Forschung stattfindet. Die unterschiedlichen Helligkeiten der Bilder entstehen durch den Seegang respektive den aufgewirbelten *marine snow* (kleinste organische Partikel im Wasser), der in bewegter See heller vom Blitzlicht reflektiert wird (Abb. 3). Ebenfalls sichtbar sind Bilder, die in der Werkstatt während Reparaturen oder zu Kalibrierungszwecken aufgenommen wurden.²²

Die Elektrizität ermöglicht einerseits die ökologische Forschung, die auf den während eines ganzen Jahres halbstündlich aufgezeichneten Bildpaaren fußt, andererseits ist die elektrische Versorgung durch Umweltprozesse ständig gefährdet. Korrosion etwa, die im Salzwasser in Verbindung mit Elektrizität auftritt führt zu Kurzschlüssen in der am Meeresboden fest verankerten *Breakout*-

21 Vgl. Shintaro Miyazaki: *Algorhythmisiert. Eine Medienarchäologie digitaler Signale und (un) erhörter Zeiteffekte*, Berlin: Kadmos 2013.

22 Vgl. Abbildungen am Ende dieses Kapitels (Abschnitt *RemOs1*). Vgl. auch Audio- und weitere Bilddokumente unter: <http://computersignale.zhdk.ch/> vom 30. November 2016.

Box (Steckdose), oder in den Apparaten, deren Gehäuse durch die Umweltbelastungen undicht geworden sind. Neben weiteren Umwelteinflüssen wie Stürmen²³ oder Eisbergen arbeiten an der Bildproduktion auch biologische Aktivitäten mit: Algen und andere Organismen besiedeln innerhalb kurzer Zeit die Sichtfenster der Kameras oder des Blitzlichts und verursachen Verfärbungen und Verschattungen der Fotografien. Diese Effekte greifen in die wissenschaftliche Datenerhebung ein und erzeugen Unschärfen in den Messreihen. Als Spur des Herstellungsprozesses der Datenarbeit betrachtet, machen sie jedoch den materiellen Kontext deutlich, in dem diese stattfindet. Die in der Umwelt und auch im wissenschaftlichen Messapparat selbst «tätige» Materie ist nach Karen Barad

«(...) Substanz in ihrem intraaktiven Werden – kein Ding, sondern eine Tätigkeit, eine Gerinnung von Tätigsein. Materie ist ein stabilisierender und destabilisierender Prozess schrittweiser Intraaktivität.»²⁴

Sie ist integraler Bestandteil der wissenschaftlichen Praxis und untrennbar mit ihren Apparaten verwoben.

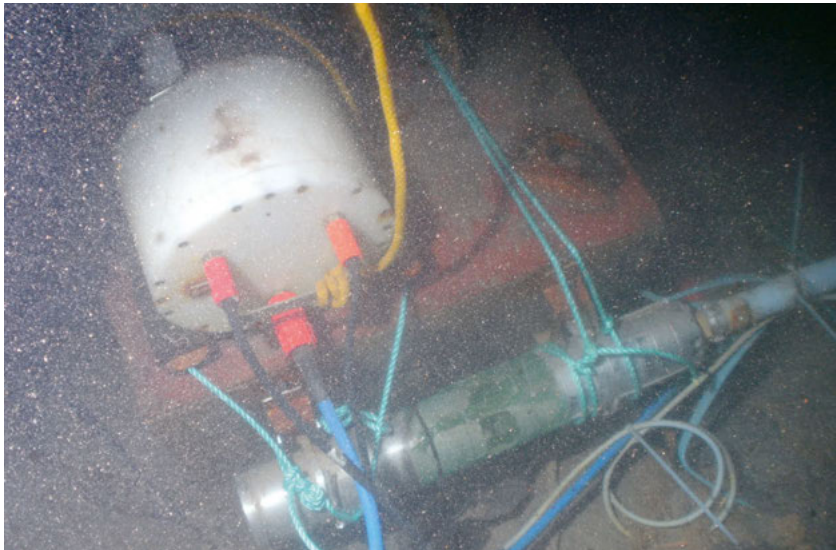


Abbildung 6: RemOs1, am Meeresboden verankerte Steckdose (Breakoutbox). Das blaue Strom- und Datenkabel führt zum Observatorium 9.2.2013.

23 In der Perspektive einer politischen Ökologie blickt Jane Bennett auf die Vitalität von Materie und Dingen wie Verbrauchsgüter oder Stürme, die es diesen erlaubt, «to act as quasi agents or forces with trajectories, propensities, or tendencies of their own». Jane Bennett: *Vibrant Matter*, Durham/London: Duke University Press 2010, S. VIII.

24 Karen Barad: *Agentieller Realismus*, Berlin: Suhrkamp Verlag 2012, S. 40.

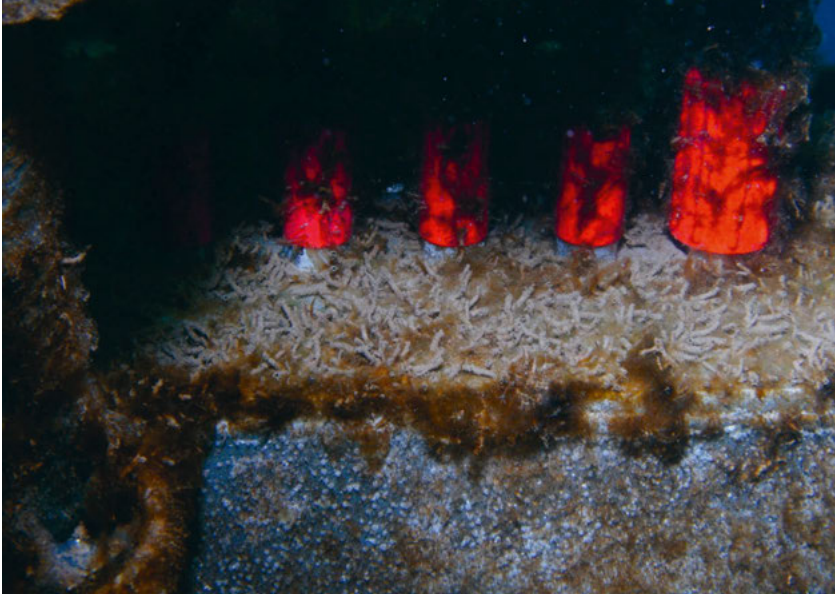


Abbildung 7: RemOs1, Stecker von Strom- und Datenleitungen sowie Polychätenröhren am Hauptgehäuse des Observatoriums 25.6.2013.

Die Bioaktivität überträgt sich unmittelbar nach dem Einsetzen der Kapsel im Fjord in Form einer Besiedelung des Observatoriums durch verschiedene Organismen auf die künstliche Struktur. Auf den Gehäusen bildet sich zunächst eine Art Belag aus Bakterienrasen und Mikroalgen, die auch glattere Flächen (z.B. Metalle) als Haftsubstrat verwenden. Dort setzen sich sogenannte «Grazer» ab, Tiere die den Belag abweiden. In Abb. 4 sieht man Polychätenröhren, Wohnröhren von kleinen Würmern, die sie zu ihrem Schutz aus Kalk bauen, der an die Unterfläche zementiert wird. Dies schafft auf der früher glatten Oberfläche genügend Rauheit, so dass sich auch weitere Pflanzen und Tiere dort ansiedeln. Diese Art der Besiedlung wird Sukzession genannt und das Studium, welche Organismen sich wann wo und in welcher Reihenfolge ansiedeln gibt Aufschluss über die Abhängigkeitsverhältnisse und wie ein Nahrungsnetz aufgebaut ist.



Abbildung 8: RemOs1, Bewuchs des Blitzlichtgehäuses mit jungem Flügeltang (*Alaria esculenta*) auf der rechten Seite der Röhre 25.6.2013, 14:15:42.



Abbildung 9: RemOs1, Sichtfenster Stereometriebild-Kameras 25.6.2013, 14:14:54.



Abbildung 10: RemOs1, Stereometriebild links 25.6.2013, 14:30:43 (vgl. Abb. 14 und 20).

Das Verfahren des *remote sensing* in der ökologischen Forschung auf Spitzbergen ist internetbasiert, die Daten zirkulieren in weltweit verlegten terrestrischen und submarinen Glasfaserkabeln. Die internationale, vom norwegischen Staat verwaltete Forschungsstation *Kings Bay* im Ort Ny Ålesund, wo die langzeitliche Küstenbeobachtung stattfindet, ist im Mai 2015 mit einem eigenen Seekabel an die Hauptstadt des Archipels, Longyearbyen, angeschlossen und dort mit dem globalen Netz verbunden worden. Das Kabel erspart auf der einen Seite den ökologisch kritischen Verbrauch von 8000 Litern Diesel pro Jahr für den Betrieb einer Funkstation, die bisher die Daten via Satellit nach Longyearbyen sendete.²⁵ Auf der anderen Seite ist es als Forschungsinfrastruktur des *Echtzeit-Monitorings* auch fester Bestandteil des Internets, dessen Infrastruktur auf einer tiefer liegenden Stufe wiederum von meist fossilen Brennstoffen abhängt, die die Energie zur Herstellung von Computern, zur Kühlung von Serverfarmen und zum Transport von Material und Unterhaltsarbeitern zu den Infrastrukturen liefern. Die Natur ist dabei nicht nur Ressource, sondern auch technischer Träger von deren Distributionsstrukturen wie Pipelines, Elektro- und Glasfa-

25 Gemäß der Organisation *Uninett*, eine Non-Profit-Organisation des norwegischen Bildungsministeriums, die in Zusammenarbeit mit der britischen Firma *Global Marine* das Kabel verlegte. Vgl. Uninett: Arctic Optical Network, unter: <https://www.terena.org/activities/netarch/ws3/slides/121114-artic.pdf> vom 30. November 2016.

serkabel, was sie zu einem Element des wissenschaftlichen Apparats macht. So gesehen wird die Natur selbst zur «ultimativen Infrastruktur».²⁶

Die aus der teilnehmenden technischen Beobachtung der *RemOs1* in der Arktischen See gewonnenen Erkenntnisse und Erfahrungen führten zu Untersuchungen der Materialität der in der Bioinformatik geführten Forschung des *Hans Hofmann Lab* an der University of Texas at Austin. Während die Energieversorgung und deren technische Bewältigung in der Arktischen See prekär sind, stellen sich diese Aspekte an der University of Texas at Austin anders dar.

Die Pipeline

Die Forschung vor Spitzbergen wie auch diejenige in Austin sind räumlich aufgeteilt und überbrücken Distanzen via Internet und lokale Netzwerke, jedoch auf sehr unterschiedliche Weisen. Philipp Fischers Arbeitsort liegt 10'000 Kilometer von seinem Forschungsobjekt entfernt. Er ist mit ihm über ein Seekabel verbunden, über das er das Unterwasserobservatorium kontrolliert und steuert sowie die erhobenen Daten abholt.

Die Forschung in Austin hat einen Referenzpunkt in Kigoma am ostafrikanischen Tanganjikasee, woher der untersuchte Modellorganismus, der Afrikanische Buntbarsch (*Astatotilapia burtoni*) stammt. Dort führt die Arbeitsgruppe alle paar Jahre Feldforschungen durch um die Labordaten zu überprüfen. Anhand des Buntbarschs und weiteren Tierarten untersucht das *Hofmann Lab* die hormonalen und genetischen Mechanismen, die dem Sozialverhalten und seiner Evolution zugrunde liegen. Die *Fish Facility*, in deren Aquarien etwa das Verhalten des Weibchens bei der Männchenwahl beobachtet wird, liegt im Kellergeschoss des *J. T. Patterson Labs Building (PAT)*. Auf der dritten Etage dieses Gebäudes finden die molekularbiologischen Vorbereitungen der Hirnproben von Buntbarschweibchen statt sowie deren Lagerung in einem Gefrierschrank bei einer Temperatur von -80 °C. Diese Bereiche gehören dem *wet lab* an. Ab diesem Punkt beginnt das *dry lab* der Bioinformatik. Teile der Proben werden von einem DNA-/RNA-Scanner sequenziert, der in der von mehreren Forschungsgruppen gemeinsam betriebenen *Genomic Sequencing and Analysis Facility (GSAF)* auf der gegenüberliegenden Straßenseite steht. Die anfallende große Menge an digitalen Rohdaten überträgt das interne Netzwerk auf einen Server des *Center for Computational Biology and Bioinformatics (CCBB)* im Erdgeschoss des *PAT*. *CCBB* entwickelt Analyseprogramme im *Gates Dell Complex (GDC)* in der Nähe des Laborgebäudes. Diese Programme verarbeiten die Rohdaten in vielen Rechendurchgängen

26 Nicole Starosielski: «Fixed Flow. Undersea Cables as Media Infrastructures», in: Lisa Parks/Nicole Starosielski (Hg.), Chicago: University of Illinois Press 2015, S.54.

im Supercomputer *Stampede* des *Texas Advanced Computing Center (TACC)* auf dem *J. J. Pickle Research Campus* außerhalb der Stadt.

Allen diesen Gerätschaften unterliegen massive Infrastrukturen. Sichtbar sind auf dem Universitätscampus fünf sogenannte *Chilling Stations* – mehrstöckige, als Kühlaggregate ausgebauten Architekturen. Ein permanenter Kreislauf pumpt Wasser in das Dachgeschoss. Von dort regnet es ab, während ihm Ventilatoren nach und nach die Wärme entziehen. Dieser Vorgang geschieht so oft, bis das Wasser 6 °C erreicht und ins Kühlleitungsnetz eingespeist wird. Die Kühlung der elektronischen Geräte, die bei ca. 14 °C arbeiten, stellt eine der größten Herausforderungen an die Energieressourcen im Klima von Austin dar, dessen mittlere Jahrestemperatur 25 °C beträgt und im Sommer weit über 40 °C steigen kann. Auf dem Gelände steht ein 140 Megawatt-Heizkraftwerk, die *Hal C. Weaver Power Plant*, die unabhängig vom öffentlichen Stromnetz die Elektrizität produziert für den Betrieb und die Kühlung von Maschinen der verschiedenen Unternehmungen der *Hard Sciences* auf dem Campus. Betrieben wird es mit Erdgas, das unter anderem auf den eigenen Ölfeldern des *University of Texas System* im Nordwesten gefördert und über ein ausgedehntes Pipelinesnetz rund 600 Kilometer nach Austin transportiert wird.²⁷

Zum materiellen Kontext der Bioinformatik in Austin tragen ebenfalls die (wenn auch nicht immer offensichtlichen) Verbindungen zur Wirtschaft und im speziellen zur Computerindustrie bei. So hat etwa die Ehefrau des *Microsoft*-Erfinders Bill Gates, Belinda Gates, das neu erstellte Gebäude für *Computer Science* auf dem Campus gestiftet in dem das *CCBB* untergebracht ist. Die Firma *Dell Computer*, die vom Alumnus der UT Austin Michael Dell gegründet wurde liefert die Komponenten, aus denen der Supercomputer *Stampede* zusammengebaut ist.

27 Vgl. www.utlands.utsystem.edu vom 30. November 2016. Die USA stiegen in den letzten Jahren unter führender Beteiligung von Texas zum weltweit größten Erdöl- und Gasförderer auf aufgrund ökologisch umstrittener *Fracking*-Methoden. Inzwischen ist die texanische Produktion wegen des Zerfalls des Öl- und Gaspreises wieder auf ein Drittel von 2014 gesunken.

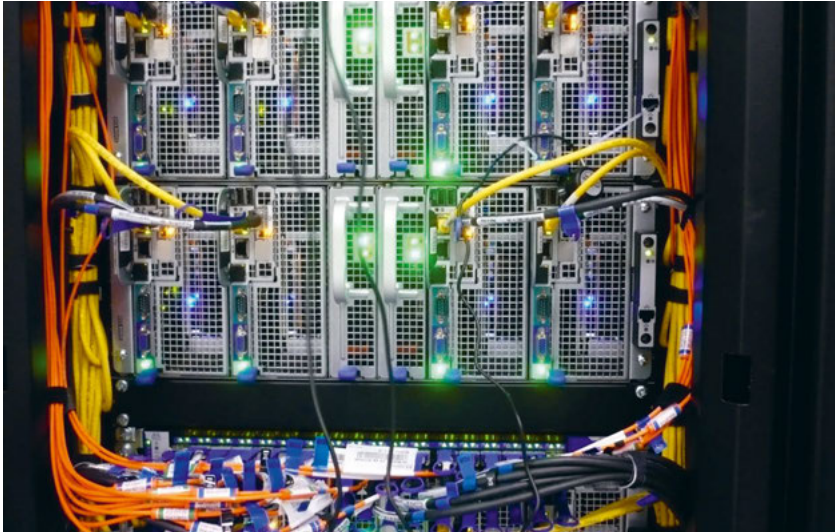


Abbildung 11: Texas Advanced Computer Center TACC, Supercomputer Stampede, elektromagnetischer Sensor (fixiert zwischen den Einheiten auf der rechten Seite) 15.8.2014 (vgl Abb. 25).



Abbildung 12: University of Texas Lands, Rig #641, Fracking-Bohrung in Crane County in der Nähe von Odessa, Texas. Aufnahmesituation akustische Mikrofone 20.8.2014 (vgl. Abb. 28).

Im August 2014 wurde im Kunstprojekt *Computersignale* die Materialität der Geräte und Infrastrukturen mit denen das *Hofmann Lab* arbeitet untersucht und die Arbeit «*Cichlid #3, Soundscape*» Texas produziert. Wir hörten den akustischen und elektromagnetischen Wellen eines Aquariums, dem -80 °C-Gefrierschrank *Panasonic*, dem DNA-/RNA-Scanner *Illumina HiSeq 2500*, den Festplatten des CCBB-Servers, den Prozessoren des Supercomputers *Stampede*, dem Regen und Pumpwerk der *Chilling Station 6*, dem Kraftwerkgenerator sowie einem *Fracking*-Bohrturm in Crane County in der Nähe von Odessa, Texas, zu. Die Emissionen der acht Stationen wurden mit einem mobilen internetbasierten Aufnahmesystem synchron während vierundzwanzig Stunden aufgezeichnet. Die Audio- und Videodaten fassen einen Arbeitstag dieser Apparate und ihrer Infrastrukturen zu einem sinnlich erfahrbaren Panorama zusammen.²⁸

Schluss

Anhand verschiedener Formen der Tierbeobachtung habe ich nachzuzeichnen versucht, wie sich die Infrastruktur immer stärker mit einer räumlichen Trennung von Beobachtungs- und Arbeitsorten verbindet. Gleichzeitig stellt die Infrastruktur Möglichkeiten bereit, in Echtzeit am «anderen Ort» präsent zu sein und das Kollektiv beteiligter Akteure virtuell zu steuern und zu kontrollieren. Diese sekundären, meist unsichtbaren Strukturen wissenschaftlicher Unternehmungen rematerialisieren sich im gesteigerten Energieeinsatz. Dies ist auch in Austin der Fall, wo die Forschungsanlagen enger zusammen stehen, jedoch mit entfernten Erdgasfeldern verknüpft sind. Das Kunstprojekt *Computersignale* folgt den Spuren dieser Energie und den materiellen Beteiligungen an der Erkenntnisgewinnung. Es macht sie partiell erfahrbar und fragt danach, ob neben den bestehenden ökologischen, ökonomischen und politischen Energiedebatten neu ein *epistemischer Energiediskurs* geführt werden sollte, der die Möglichkeiten und Eingrenzungen von Wissenshorizonten unter den Bedingungen technologiebasierter, datengetriebener Forschung ausleuchtet.

28 Vgl. Abbildungen zu den einzelnen Stationen am Ende dieses Kapitels (Abschnitt *Cichlid #3, Soundscape Texas*), sowie Link zu Audio- und weiteren Dokumenten zu den erwähnten Infrastrukturen in Fussnote 22.

RemOs1. Beginn einer Datenarbeit in der Arktischen See 15.9.2012, 11:00:37 – 19.9.2014, 01:00:39.

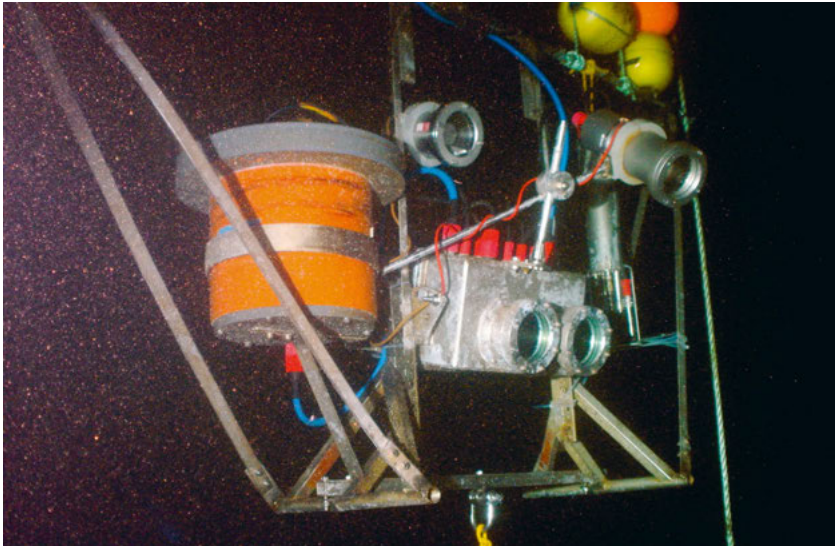


Abbildung 13: RemOs1, Kongsfjorden, Ny Ålesund, Spitzbergen, 9.3.2013, 15:30:12.



Abbildung 14: RemOs1, Kongsfjorden, Ny Ålesund, Spitzbergen, 24.6.2013, 13:58:20.



Abbildung 15: Webcamaufnahme am alten Pier, Koldeway Station, Ny Ålesund 8.10.2012, 17:00:35. Blickrichtung Nord Nordost. RemOs1 ist am Ende des Piers ca. 10 m westlich abgesenkt (vgl. Abb. 16).

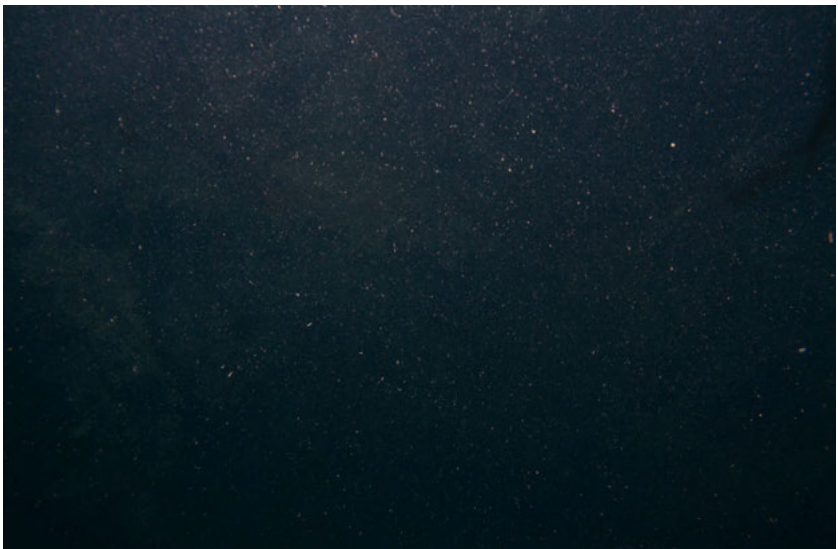


Abbildung 16: RemOs1, Kongsfjorden, Ny Ålesund, Spitzbergen. Stereometriebild links 8.10.2012, 17:00:47.



Abbildung 17: RemOs1, Kongsfjorden, Ny Ålesund, Spitzbergen. Stereometriebild rechts 22.10.2012, 02:00:53 (Mitte oben: Krill, vgl. Abb 19).



Abbildung 18: RemOs1, Kongsfjorden, Ny Ålesund, Spitzbergen. Stereometriebild rechts 3.5.2014, 15:30:25 (Flügel tang vor Kamera-Sichtfenster vgl. Abb. 22).

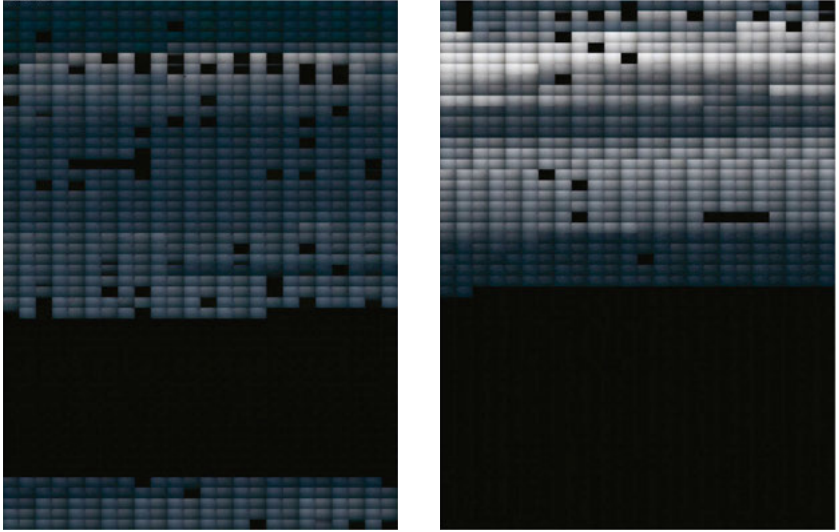


Abbildung 19: RemOs1, Archiv Stereometrie-Bildpaare, Miniaturen. Aufnahmen vom 10.10.2012, 04:00:48 bis 3.11.2012, 17:00:22. Unterbrechung der Stereometriebild-Aufnahmen bis 9.2.2013 aufgrund eines elektrischen Kurzschlusses, ausgelöst durch Korrosion am Blitzlicht-Gehäuse am 29.10.2012, ca. 17:15:00.

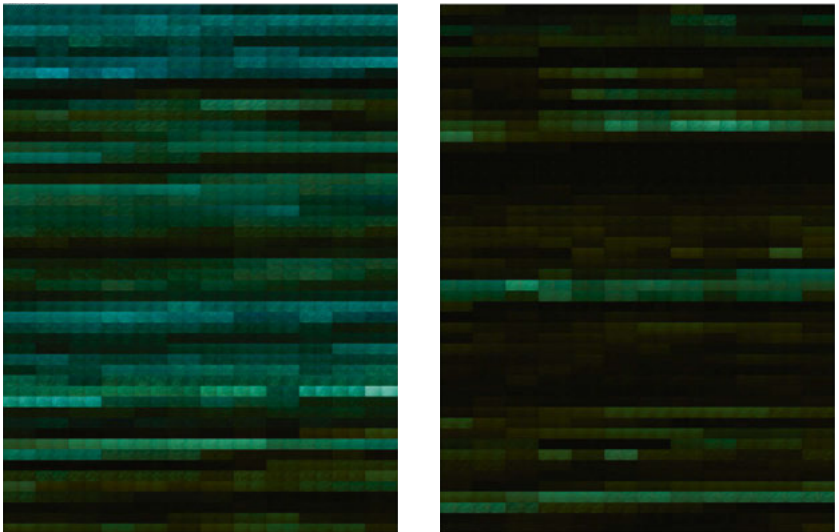


Abbildung 20: RemOs1, Archiv Stereometrie-Bildpaare, Miniaturen 18.6.2013, 04:30:44 bis 13.7.2013, 08:30:43 (vgl. Abb. 10 und 14).

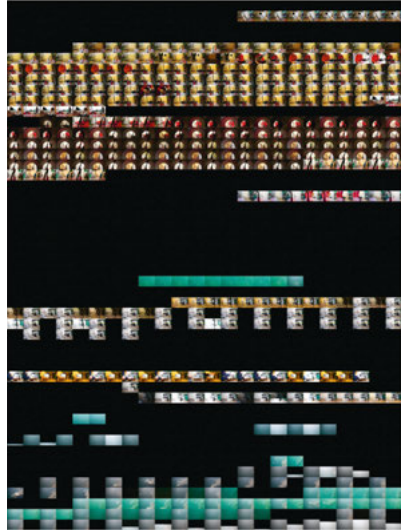
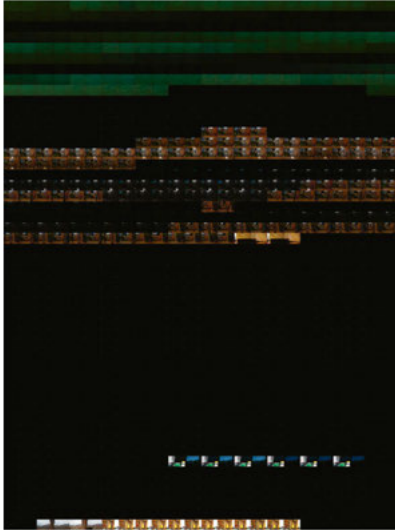


Abbildung 21: RemOs1, Archiv Stereometrie-Bildpaare, Miniaturen 1.9.2013, 12:00:43 bis 22.9.2013, 00:30:25. Testbilder Werkstatt.

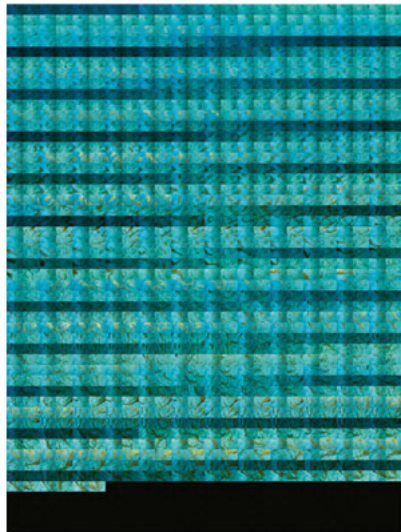
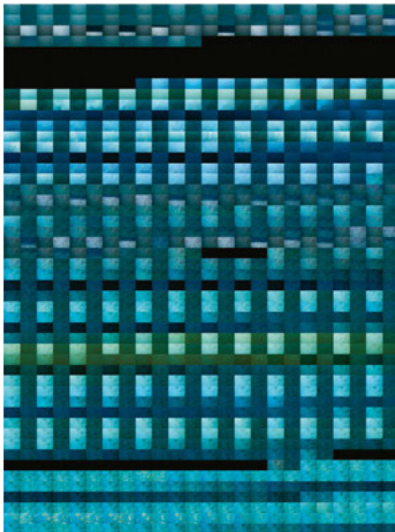


Abbildung 22: RemOs1, Archiv Stereometrie-Bildpaare, Miniaturen 9.4.2014, 10:00:28 bis 4.5.2014, 12:00:53 (Vgl. Abb. 18).

Cichlid #3, Soundscape Texas (21.8–2014, 00:00:00–23:59:59).

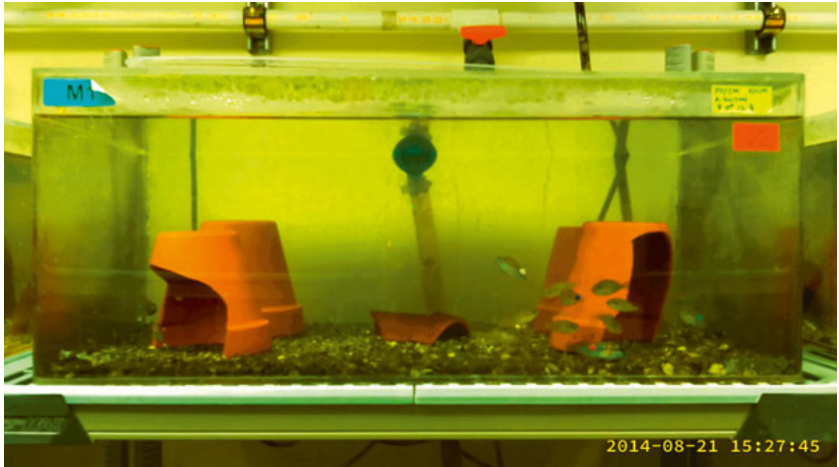


Abbildung 23: Cichlid #3, Location 1: Fish facilities. Hofmann Lab, J. T. Patterson Labs Building (PAT), Main Campus UT Austin. Durchschnittliche Umgebungstemperatur 75.2 °F/24 °C, Koordinaten 30°17'16.5"N 97°44'12.2"W.



Abbildung 24: Cichlid #3, Location 3: DNA/RNA-Scanner HiSeq Illumina 2500. Genomic Sequencing and Analysis Facility (GSAF), Louise and JamesRobert Moffett Molecular Biology Building (MBB), Main Campus UT Austin. Durchschnittliche Umgebungstemperatur 64.4 °F/18 °C, Koordinaten 30°17'18.9"N 97°44'14.0"W.



Abbildung 25: Cichlid #3, Location 5: Supercomputer Stampede, Texas Advanced Computing Center (TACC), Research Office Complex (ROC), J.J. Pickle Research Campus UT Austin. Durchschnittliche Umgebungstemperatur 57.4 °F/14 °C, Koordinaten 30°23'24.9"N 97°43'30.8"W.



Abbildung 26: Cichlid #3, Location 6: Chilling Station 6, Main Campus UT Austin. Durchschnittliche Umgebungstemperatur 96.8 °F/36 °C., Koordinaten 30°17'11.1"N 97°44'08.6"W.



Abbildung 27: Cichlid #3, Location 7: Heizkraftwerk Hal C. Weaver Power Plant, Main Campus UT Austin. Durchschnittliche Umgebungstemperatur 123.8 °F/51 °C, Koordinaten 30°17'12.6"N 97°44'09.2"W.



Abbildung 28: Cichlid #3, Location 8: Rig #641, Fracking-Bohrung. University Lands UT Texas, Crane County. Durchschnittliche Umgebungstemperatur 95.0 °F/35 °C, Koordinaten 31°31'44.6"N 102°26'55.8"W (Vgl. Abb. 12).

Literatur

Karen Barad: Agentieller Realismus, Berlin: Suhrkamp Verlag 2012.

Jane Bennett: Vibrant Matter, Durham/London: Duke University Press 2010.

Keller Easterling: «Die infrastrukturelle Matrix», in: Zeitschrift für Medienwissenschaft ZfM, Heft 12 2015, S. 68–78.

Christoph Hoffmann: Die Arbeit der Wissenschaften, Zürich/Berlin: Diaphanes 2013, S. 45.

Christoph Hoffmann: «Eigenleben im Experiment. Zur Erforschung «natürlicher Systeme»», in: Hannes Rickli (Hg.), Videogramme. Die Bildwelten biologischer Experimentalsysteme als Kunst- und Theorieobjekt, Zürich: Scheidegger & Spiess 2011, S. 46–55.

Yuk Hui: «Einige Fragen, das Verhältnis von Materie und Relation betreffend», in: Zeitschrift für Medienwissenschaft ZfM, Heft 12 2015, S. 165–170.

Yuk Hui/Andreas Broeckmann (Hg.): 30 Years after Les Immatériaux, Lüneburg: meson press 2015.

Jean-François Lyotard: Philosophie und Malerei im Zeitalter ihres Experimentierens, Berlin: Merve Verlag 1986.

Hans-Jörg Rheinberger: Experimentalsysteme und epistemische Dinge. Eine Geschichte der Proteinsynthese im Reagenzglas, Frankfurt/Main: Suhrkamp Verlag 2006.

Hannes Rickli (Hg.): Videogramme. Die Bildwelten biologischer Experimentalsysteme als Kunst- und Theorieobjekt, Zürich: Scheidegger & Spiess 2011.

Michel Serres: Der Parasit, Frankfurt/Main: Suhrkamp Verlag 2014.

Nicole Starosielski: «Fixed Flow. Undersea Cables as Media Infrastructures», in: Lisa Parks/Nicole Starosielski (Hg.), Signal Traffic. Critical Studies of Media Infrastructures, Chicago: University of Illinois Press 2015, S. 53–70.