



MEDIEN DER  
KOOPERATION



UNIVERSITÄT  
SIEGEN

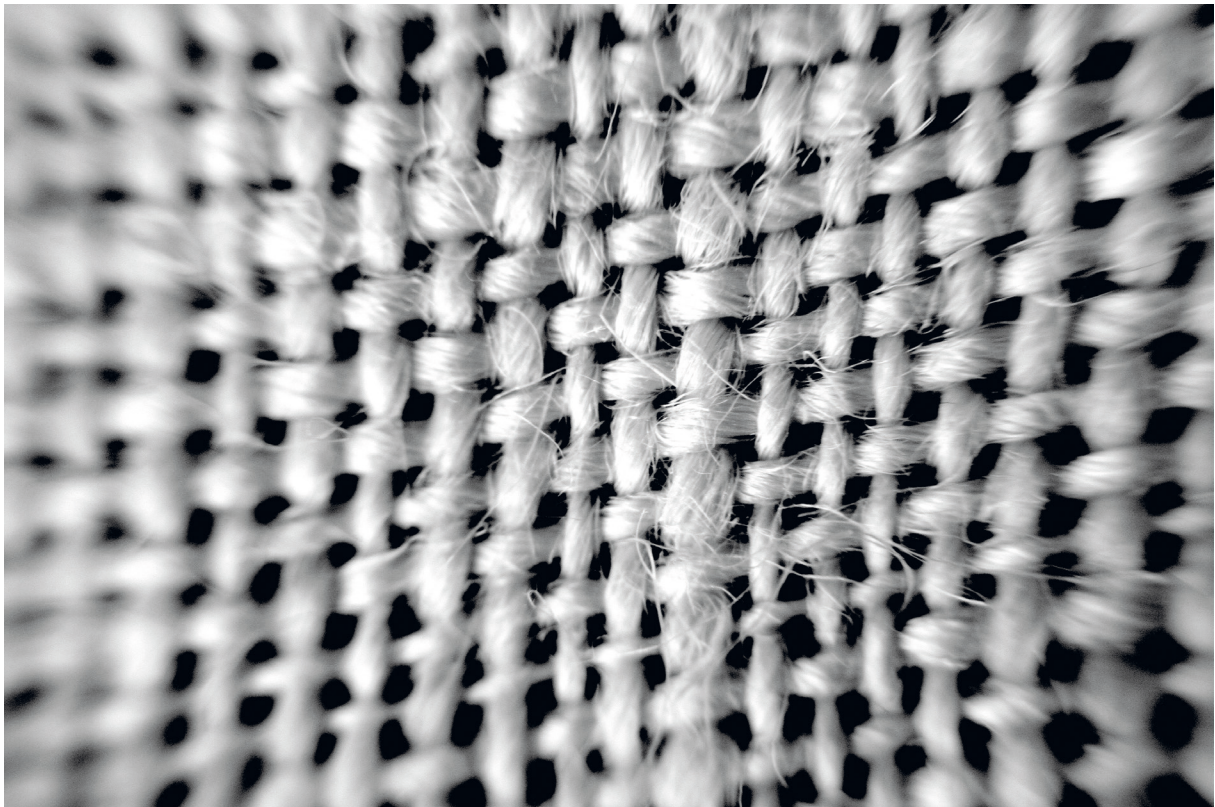
DFG

---

## Sensormedien

Eine medien- und praxistheoretische Annäherung

Tristan Thielmann *University of Siegen*



---

**WORKING PAPER SERIES | NO. 9 | SEPTEMBER 2019**

Collaborative Research Center 1187 Media of Cooperation  
Sonderforschungsbereich 1187 Medien der Kooperation

**Working Paper Series**  
**Collaborative Research Center 1187 Media of Cooperation**

Print-ISSN 2567-2509

Online-ISSN 2567-2517

URN urn:nbn:de:hbz:467-14923



This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

Publication of the series is funded by the German Research Foundation (DFG).

This Working Paper Series is edited by the Collaborative Research Center Media of Cooperation and serves as a platform to circulate work in progress or preprints in order to encourage the exchange of ideas. Please contact the authors if you have any questions or comments. Copyright remains with the authors.

Cover image by Dee.lite at German Wikipedia

The Working Papers are accessible via the website <http://wp-series.mediacoop.uni-siegen.de> or can be ordered in print by sending an email to [workingpaperseries@sfb1187.uni-siegen.de](mailto:workingpaperseries@sfb1187.uni-siegen.de)

Universität Siegen  
SFB 1187 Medien der Kooperation  
Herrengarten 3  
57072 Siegen, Germany  
[www.sfb1187.uni-siegen.de](http://www.sfb1187.uni-siegen.de)  
[workingpaperseries@sfb1187.uni-siegen.de](mailto:workingpaperseries@sfb1187.uni-siegen.de)

---

## Sensormedien

Eine medien- und praxistheoretische Annäherung

Tristan Thielmann *University of Siegen* – [tristan.thielmann@uni-siegen.de](mailto:tristan.thielmann@uni-siegen.de)

---

**Abstract** Da gegenwärtig immer mehr Sensoren in Medien, Gebrauchsgegenständen und Infrastrukturen verbaut und diese so zu mobilen „Smart Devices“ transformiert werden, entstehen neue sozio-technische Bedingungen der Datenerfassung und -verarbeitung, denen nicht mit etablierten Konzepten zur Informations- und Wissensgesellschaft begegnet werden kann. Sie zeichnen sich durch eine entgrenzte Datenerfassung aus, da wir mit Hilfe von Sensoren eine unaufhörliche Verbindung zur Umwelt eingehen. Das Konzept der Sensormedien erlaubt es daher, den Fokus darauf zu richten, was das Beständige medialer Environments ist und was unsere „digitale Gesellschaft“ zusammenhält. Die Grundidee des vorliegenden Working Papers ist, dass Sensormedien einen epistemischen Shift von der Informations- zur Sensorgesellschaft einleiten und nur in der wechselseitigen Verrechnung und Re-Sensibilisierung von Daten, Umwelten und Körpern zu verstehen sind. Sensormedien sind zudem prädestiniert für eine praxistheoretische Auseinandersetzung, da die mediale Erfassung und Darstellung der Körper-Umwelt-Beziehung durch neue Sensortechnologien ein Diversitätsniveau erreicht, welches der Komplexität praxeologischer Beschreibung besser gerecht wird. Umgekehrt lassen sich die kulturellen und gesellschaftlichen Auswirkungen der Sensormedien nur auf Grundlage methodologischer Innovationen wirklich adäquat beschreiben.

**Keywords** Sensortechnologien, Medientheorie, Praxistheorie, Harold Garfinkel, Navigation, Karten, Immutable Mobiles.

Gegenwärtig werden immer mehr Sensoren zu mobilen Smart Devices verbaut. Medien scheinen so den Kontext und das Verhalten ihrer Nutzer immer besser zu verstehen. Sie sind zu einer personalisierten Interaktion fähig – mehr noch: Durch die Art und Weise, wie sensorenbasierte Medien ihre Nutzer konstituieren, begründen sie ein neues Menschenbild. Wie lassen sich diese ‚Sensormedien‘ theoretisch beschreiben? Auf diese Frage versucht der folgende Beitrag Antworten zu geben.

„Alle Medien krepeln uns völlig um. Sie sind so weitreichend in ihren persönlichen, politischen, wirtschaftlichen, ästhetischen, psychologischen, moralischen, ethischen und sozialen Konsequenzen, dass sie keinen Teil von uns unangetastet, unberührt und unverändert lassen. Das Medium ist die Massage. Jedes Verständnis sozialer und kultureller Verände-

rungen ist unmöglich, wenn man nicht weiß, wie Medien als Umwelten funktionieren.“ (McLuhan/Fiore 2011 [1967]: 26)

Durch Sensoren wird ständig in einem Datenaustausch mit technologischen Devices. Der Begriff der ‚Sensormedien‘ eignet sich daher, um herauszustellen, was das menschliche Sensorium massiert, durch was wir in einem ständigen Kontakt stehen, nicht was wir vereinzelt oder gelegentlich nutzen bzw. konsumieren. Sowohl Bekleidung, das Rad oder die Straße kann als Medium fungieren. McLuhans Medienverständnis ist auf Berührung und (Haut-) Kontakt hin angelegt. Durch die ‚Dinge‘, mit denen sich der Mensch in unaufhörlicher Verbindung befindet, kommt das Mediale zum Tragen.

In diesem Sinne eignet sich der Begriff des Sensormediums, auf die kontinuierlichen Datenströme hin-

zuweisen, durch die sich bspw. auch ‚soziale Medien‘ konstituieren. Die Spezifik von Twitter zeigt sich demnach nicht durch die transportierten banalen ‚Botschaften‘, sondern durch die Hashtag-Struktur, die Begrenztheit auf 140-Zeichen und die permanente Angebundenheit im Sinne eines „always-on“ und zugleich „always-on-you“ (Turkle 2008). Es geht um die Herstellung eines „feeling your data“ (Lupton 2017). Das Konzept der Sensormedien erlaubt es daher, den Fokus darauf zu richten, was das Beständige medialer Environments ist und was unsere ‚digitale Gesellschaft‘ zusammenhält.

### Von der Informations- zur Sensorgesellschaft

Lange Zeit hat Information Gesellschaften kohärent erscheinen lassen (vgl. Castells 2001–2003). Die Informationstheorie hat hierfür wichtige Grundlagen gelegt, denn Shannon/Weaver geht es in ihrer „Mathematical Theory of Information“ nicht mehr um das Verstehen einer menschlichen Nachricht, sondern um die möglichst fehlerfreie Codierung und Decodierung derselben. Dabei zeichnet sich das Konzept dadurch aus, dass es Bild, Text, Ton gleichbehandelt. Die Künste des Wortes, der Schrift, der Musik oder Malerei werden auf der gleichen logischen Ebene behandelt.

Sensormedien verlagern diese Sichtweise und gehen noch einen Schritt weiter. Bedeutungstragend ist nicht mehr der Prozess der technischen Umsetzung und Übersetzung von Codierung und Decodierung durch *einen* Sender/Empfänger, sondern die Bedingungen, die diesen Übersetzungsketten vorgelagert sind. Die Praxistheorie hat hierbei den Fokus stark auf die sozialen Bedingungen gelegt (auf die Zugehörigkeit zu sozialen Gruppen, die Reziprozität der Perspektive, die notwendige Vagheit einer Situation, *accountability* etc.). Die technischen Bedingungen sind aber ebenso bedeutsam.

Hierzu gehört a), dass wir es nicht mehr nur mit einem Sender, sondern vielen *expéditeurs* (Absendern) zu tun haben. Es geht nicht mehr um die implizite Gleichbehandlung der Sinne, wie noch im Konzept der Multimedialität und Multimodalität, sondern darum, die Heterogenität der Konzepte ernst zu nehmen, die sich um die Begriffe wie Algorithmen, Clouds, Codes, Daten, (Daten-)Formate, Plattformen, Protokolle, Software etc. drehen. Hierzu gehört aber b) auch, dass überhaupt erst einmal ein Rauschen hergestellt werden muss. Das ist angesichts der vielfältigen Möglichkeiten überhaupt in Kontakt zu Medien zu treten, nicht ohne Weiteres vorauszusetzen.

Angesichts der Vervielfachung der Kanäle, durch die wir Zugang zu digitalen Informationen, Waren und Dienstleistungen erhalten, stellt sich nicht nur auf der Ebene der Wahrnehmung die Frage nach der

Filterung von Informationen (*Filter Bubble*), sondern bereits bei der Datengenerierung. Sensoren erzeugen scheinbar aus allem, was sie umgibt, einen Datenteppich, der mit bereits vorhandenen, bekannten, tradierten Daten kombiniert oder kontextualisiert werden kann.

Dieser Vervielfachung der Ressourcen stehen auf der anderen Seite wenige wirkmächtige Gatekeeper gegenüber. Aus medienwissenschaftlicher Perspektive ist dabei die Frage nach den spezifischen medialen Bedingungen der Datenschaufung kaum beleuchtet. Sie sind entweder schon immer vorhanden (verborgen in Praktiken und Kulturtechniken) oder entstehen immer wieder neu (durch Rekombination, Multimedialität oder Multimodalität). Die Datenerzeugung hat eine eigene Logik, die sich in situ, lokal und in Umwelten offenbart.

In der klassischen informations- und kommunikationstheoretischen Modellvorstellung entstehen Störungsgeräusche erst während der Kanalübertragung, wenn sich die Nachricht bereits gebildet hat.

„In the process of being transmitted, it is unfortunately characteristic that certain things are added to the signal which were not intended by the information source. These unwanted additions may be distortions of sound (in telephony, for example) or static (in radio), or distortions in shape or shading of picture (television), or errors in transmission (telegraphy or facsimile), etc. All of these changes in the transmitted signal are called *noise*.“ (Weaver 1949)

Durch Sensormedien haben wir es mit einer anderen informationstheoretischen Grundlage zu tun. Hier ist das Rauschen (*noise*) der Nachrichtenquelle, der Nachricht und dem Sender vorgelagert. Sensoren tendieren dazu, zunächst so viele Daten wie möglich zu erfassen und erst danach die interessantesten Informationen durch „feature extractors“ herauszufiltern oder nach den relevanten Informationen zu suchen – häufig auch eingegrenzt durch sogenannte „Suchräume“, durch die sich Erkennungszeiten eingrenzen lassen (vgl. Tickoo/Iyer 2017: 9, 60).

Die Idee moderner Medien muss sein, vorab auf die „Noise Reduction“ zu verzichten. Die Position von Filtern hat sich im Kontinuum des Prozessierens von der Produktion zur Rezeption der Daten und Informationen verlagert. Von ‚sozialen Medien‘ lernen, heißt, die Sensoren von ihren Filtern zu befreien. Momentan ist der Diskurs noch durch eine Hegemonie bestimmter Sensoren geprägt: den optischen Sensoren von Überwachungssystemen.

Durch Sensormedien ändert sich das Wesen von Information grundlegend. Die alte von Shannon/Weaver geprägte Vorstellung geht noch davon aus, dass die Informationsdichte dort am höchsten ist, wo die Unsicherheit am größten ist. Auch Harold Garfinkel „Sociological Theory of Information“ nimmt noch auf dieses Informationsverständnis Bezug (vgl. Garfinkel 2008 [1952]: 102ff.).



Dahinter verbirgt sich ein quantitatives Informationsverständnis, denn die Wahrscheinlichkeit dient der Filterung von Störgeräuschen und damit der Eliminierung von Unsicherheiten – also unerwünschten Informationen. Sensoren liefern hingegen mehr Informationen, wenn die Unsicherheit am geringsten ist. Sensormedien sind daher dadurch geprägt, dass die Informationsdichte dort am höchsten ist, wo die Sicherheit am größten ist. Sensormedien erfordern ein qualitatives Informationsverständnis, das sich von der Vorstellung einer „Störquelle“ oder „Wahlfreiheit des Senders“ (Pias 2004: 429) lösen muss.

Wenn wir den Begriff der ‚Informatio‘ von seiner etymologischen Bedeutung (von dem lateinischen Verb ‚informare‘ kommend) ernst nehmen, dann geht es darum, darzulegen, wie gegenwärtig durch immer mehr Sensoren Medien ‚eingeformt‘ bzw. ‚in eine Form gebracht‘ werden. Die Medienforschung entzieht sich häufig der Frage, was Information sei, und verwendet, wenn überhaupt, einen undefinierten Grundbegriff (vgl. Rechenberg 2003). Wenn in den Medien die Information steckt, die Medien formen, dann kann eine Medienanalyse das neue gegenwärtige Informationsverständnis offenlegen.

Bislang gibt es keinen qualitativen Informationsbegriff, der nicht Wissen meint. Ziel ist es daher, die gesellschaftliche und kulturelle Dimension des durch Sensormedien geprägten neuen Informationsverständnisses zu erforschen. Dabei geht es nicht darum, erneut die Objektivierung des Informationsbegriffs zur Diskussion zu stellen. Sensormedien führen uns vor Augen, dass es im Diskurs digitaler Medien nicht allein um die Frage der optimalen Codierung von Bildern, Texten, Tönen etc. geht, sondern vielmehr um die Modulation und Modularisierung ganz unterschiedlicher Ausgangssignale.

### Vom Netzwerk zum Gewebe

Ein wesentliches Charakteristikum der Sensormedien ist die „perception of a totality – an augmented cognition for a synthetic ontology“ (Bratton 2015: 339). Diese neue mediale, soziale und infrastrukturelle Ontologie zeichnet sich durch eine Multiplizität der Totalitäten aus, die sich beispielweise nicht mehr allein durch die Netzwerkmetaphern à la ANT oder AMT erklären lässt. Die sensormediale „Erweiterung der Haut“ (McLuhan 2011: 39) bildet dabei in der Regel ein Gewebe, bestehend aus Fäden, die sich wiederum aus Fasern zusammensetzen. Gestaltgenetisch zeichnen sich derartige „gewebte Bilder“ (Sommer 2016) somit durch unterschiedliche Auflösungen aus.

„Überdies besteht ein Netz aus Fäden und Knoten und, wo nichts von beiden ist, aus Maschen. In Netzknoten schlingen sich Fäden ineinander, im Gewebe legen sie sich nur überkreuz gerade aneinander. Typisch verschieden auch die Weise, kaputt zu

gehen: Netze reißen mitten durch, Gewebe fransen am Rande aus. Markant unterschiedlich ist auch das Aussehen: Ob weit- oder engmaschig, das Netz ist durchsichtig; hingegen ist das Gewebe, Faden an Faden, blickdicht oder allenfalls, wenn locker gewebt oder aus feinsten Seide, durchscheinend.“ (Sommer 2016: 483)

Wie schon Karl Deutsch (1948/1949) dargelegt hat, eignen sich Gewebe als Modellkonstruktion vor allem für die Beschreibung einer „imaginary society of things“ (ebd.: 506). Die ständigen Kehrtwendungen des Webens verleihen technischen Objekten eine weitaus größere Stabilität als dies durch Netzwerke möglich ist. Hierzu muss man wissen, dass bereits Ende der 1940er Jahre Gewebe aus (Gesprächs-)Fäden zu verbreiteten bildlichen Modellen biologischer, technischer und sozialer Prozesse zählten.

„Perhaps the two outstanding models here are the model of the thread taken from spinning, whether as the thread of fate, or the thread of an argument, or the thread of human life. A web woven from these threads is then an obvious extension of this model, implying now, however, the notion of interaction. The German word for reality, *Wirklichkeit*, is related to the word denoting such a textile operation. Goethe has embodied this picture in the Earth Spirit in *Faust*: ‚So steh’ ich am sausenden Webstuhl der Zeit und wirke der Gottheit lebendiges Kleid.‘“ (Ebd.: 508)

Aus sozialwissenschaftlicher Sicht war jedoch bislang zweifelhaft, wie solche Gewebe zu untersuchen sind, da sie aufgrund der durchgängigen Stränge und schier unendlichen Fäden für eine Analyse schwer zugänglich schienen. Sensormedien eröffnen hier neue Möglichkeiten. Sie zeichnen sich insbesondere durch Schichtungen aus, die von Bratton (2015) medientheoretisch als „Stack“ beschrieben werden. „[T]he *nomos* of The Stack includes a kaleidoscopic collection of interfacial regimes, each projecting its own specific grids, one on top of the other, superimposing their differing self-referential claims on the nomination and arrangement of various territories.“ (Ebd.: 235)

Eine Analyse der Hierarchie der Layer erlaubt daher bspw. die graduellen Übersetzungen nachzuvollziehen, als eine „series of descending levels of abstraction all the way ‚down‘ to the material handling of bits“ (Straube 2016). Die Implementierung von Sensoren führt dazu, dass derartige Systeme an den Rändern informationell ausfransen. Von medien- und sozialtheoretischer Bedeutung ist zudem, dass Sensormedien nicht wie noch Netzwerke auf Transparenz und Durchsichtigkeit hin angelegt sind. Wie u.a. bei den medialen Apparaturen der *Augmented Reality* sind Sensormedien auf ein Durchscheinen der (Um-)Welt angewiesen. Dies sind nur einige Spezifika der Sensormedien, die im Rahmen zukünftiger Forschungen zu untersuchen wären.

Im Gegensatz zu vielen anderen Medien und medialen Infrastrukturen werden sensormediale Systeme häufig in kritischen Bereichen eingesetzt, die erhöhte Stabilitätsanforderungen stellen (wie bspw. beim autonomen Fahren). Daher sind Sensormedien in der Praxis auf die Implementierung von Redundanzen angewiesen.

Als einer der Ersten hat dies Harold Garfinkel erkannt, der „kommunikative Netz-Arbeit“ und den Gebrauch von Assistenzsystemen (wie Bedienungsanleitungen oder Karten) sehr detailreich untersucht hat. Im Folgenden soll daher kurz auf seinen Ansatz einer Praxistheorie der Navigation eingegangen werden, um im zweiten Schritt daraus den spezifischen methodologischen Beitrag der Sensormedien für die Erforschung von Praktiken herauszukristallisieren.

### Von der Praxistheorie

Garfinkel wagte bereits Anfang der 1970er Jahre – kritisch beäugt von den Kartographen jener Zeit – die Untersuchung sogenannter „occasion maps“ bzw. „occasioned maps“ (je nach Aufsatzversion): also veranlasster, sich ereignender, passierender Karten. Man könnte auch von Gelegenheitskarten sprechen.

„Maps such as those that persons draw for each other, stick maps of Pacific Island navigation, landing maps for infantry, maps in orienteering contests, will be called ‚occasion maps‘ [...]“ (Garfinkel 1993: 1).

Diese Karten waren Ergebnis einer Übung zu indexikalischen Ausdrücken. Garfinkels Studierenden wurde dazu die Aufgabe erteilt, einer bestimmten Routenskizze zu folgen, die von einem Kommilitonen gezeichnet worden war. Dabei wurden die Teilnehmer an dem Experiment aufgefordert, dem dargestellten Ziel zu folgen und ihre navigatorische Erfahrung bzw. die Sinnstiftung und Entscheidungsfindung schriftlich darzulegen.

Seine Praxistheorie der Navigation mit derartigen Routenskizzen geht dabei von folgender grundlegenden Überlegung aus:

„[T]he traveler’s work of consulting the map is an unavoidable detail of the in situ, in its course, just this next time through, traveling body’s way-finding journey that the map is consulted to get done [...]“ (Garfinkel 1996: 1)

In diesem Teilsatz sind vier grundlegende Annahmen verborgen, nämlich dass es bei der mediengestützten Navigation um a) kleinteilige semantische Fragen b) in sich kontinuierlich veränderten Situationen geht, in denen c) immer eine nächst folgende

navigatorische Entscheidung zu treffen ist, an der d) der eigene Körper maßgeblich beteiligt ist.<sup>1</sup>

Garfinkel unterscheidet in seiner Praxistheorie dabei zwischen einem dokumentarischen und prozeduralen Aspekt der Analyse von Medien. In ihrer dokumentarischen Form stehen Medien für etwas; im Fall der Navigation korrespondiert in der Regel eine Karte mit territorialen Objekten. Insofern kann die Karte selbst einen spezifischen Aspekt der navigatorischen Praxis sichtbar machen: die Einschreibungen, den Nutzerstandpunkt (zumindest im Fall der digitalen Karte – und damit einen Teilaspekt der Praxis der Lokalisierung), die Bewegung im Raum (also das Folgen der Karte) und bis zu einem gewissen Grad „vorbeiziehende Ereignisse“.

Dies hängt stark von den technischen Fähigkeiten der Medien ab – und hier haben neue Sensortechnologien Möglichkeiten geschaffen, die Komplexität von Praktiken besser abzubilden und zu modellieren.

Gleichwohl sind Medien selbst nicht in der Lage, sämtliche Dimensionen einer Praxis abzubilden. Unter prozeduralen Gesichtspunkten stehen die Beschreibungen einer navigatorischen Praxis inkomensurabel den *Accounts* gegenüber, die durch eine „dokumentarische Karte“ sichtbar gemacht werden können: etwa durch die Aufzeichnung einer Spur.

„When the occasion map is read procedurally\* it makes unavoidable the map’s events in their local, unique territorial contingencies of gaze lines, perceptual aspects, perspectives, approaches, horizons, orientations, and directions. These present to the embodied work of the journeying local, territorial-specific contingencies of perceptual adumbration, and of preserving adumbrational coherence over the contingencies of looking at, looking for, of locating, and identifying in and as a material territory, an empirical territory, a phenomenal field of ordered details [...]“ (Garfinkel 1996: 9f.)

Die ordnenden Eigenschaften einer Karte sind chiasmisch verkettet und untrennbar mit den wertsuchenden Praktiken eines bewegten menschlichen Körpers verbunden. Garfinkel selbst benutzt daher den Begriff „in vivo“ um die prozedurale Dimension der Mediennutzung abzukürzen.

Die praxeologische Validität eines Mediums offenbart sich, so Garfinkel (1996: 8f.), wenn wir es als Handlungsanweisung verstehen und nutzen – wenn wir also im Fall der Karte den territorialen Phänomenen folgen.

Hierbei zeigt sich, dass sich Karten praxistheoretisch betrachtet durch folgende charakteristische Eigenschaften auszeichnen: zum einen durch dia-

<sup>1</sup> In der Geographie hat Torsten Hägerstrand (1982) ein vergleichbares Konzept „situativer Ökologie“ entwickelt, das die Zeitgeographie bzw. die Bewegung im Raum als „Sequenz von Situationen“ untersucht.

grammatisch dargestellte Ausgangspunkte, passierende Ereignisse und ein grafisch dargestelltes Ziel; zum anderen durch die medienspezifische Veranschaulichung des navigatorischen Zusammenhangs von Ausgangspunkten, passierenden Ereignissen und dem Ziel, wodurch ein direktionales Lesen der Karte ermöglicht wird (bspw. unterstützt durch eine Nordung oder Erste-Person-Perspektive).

Garfinkel (1996: 5f.) spricht hier von „an ‚on-page-specific‘ displayed orientation of origins, passage events, and destination. Orientation consists of their arranged positions in the diagram. The ‚page display‘ constrains a reading of the document so that the result is assessably ‚this worldly‘, real, proper, culturally correct, factually revealing, true, and so on.“

Er verweist also darauf, dass eine praxistheoretische Betrachtung notwendigerweise auf die Medienspezifika eingehen muss – in diesem Fall die spezifischen Eigenschaften der Papierkarte. Dies unterscheidet den ethnomethodologischen Ansatz von allen anderen sozialtheoretischen Ansätzen einer Praxistheorie.

Gleichwohl bietet dieses charakteristische Schema der navigatorischen Praxis mit Papierkarten – basierend auf grafisch dargestellten und orientierend ausgerichteten „material territorial things“ (Garfinkel 1996: 2) – nur Anhaltspunkte, wenn auch gut begründete „production accounts“ (Garfinkel 1996: 6), für den prozeduralen Verlauf einer Reise.

Garfinkels Unterscheidung zwischen dokumentarischen und prozeduralen Aspekten einer Karte mag aus heutiger Sicht antiquiert wirken, da wir es unter den Bedingungen digitaler Praxis immer mit einem Prozessieren zu tun haben und wir uns längst daran gewöhnt haben, dass alle unsere digitalen Handlungen dokumentiert werden.<sup>2</sup>

Das ist aber damit nicht gemeint. Garfinkel benutzt an anderer Stelle auch die Differenzierung zwischen einer gefügigen und widerständigen Karte, um deutlich zu machen, dass es bei der prozeduralen Lesart um all die Eigenschaften geht, die sich aus dem Medium selbst nicht entnehmen lassen. Auch wenn digitale Karten heute in der Regel interaktiv gestaltet sind, können sie sich dennoch widerstandslos darbieten und verhalten.

Hierin liegt eine gewisse Schwierigkeit im Verständnis dieses Lebensweltpaars. Durch digitale Medien haben sich navigatorische Praktiken verein-

facht, während sich zugleich deren praxistheoretische Beschreibungsformen und Beschreibungsmöglichkeiten verkompliziert haben.

„In situ the analyst’s jobs of judgement and decision are those procedurally\* of ‚achieving‘ notational completeness, of procedurally\* ‚achieving‘ followability and sufficiency of instructions, of ‚coming into‘ and ‚coming upon‘ definiteness of sense and reference, of ‚finally‘ settling unique correspondence of notation and territorial object, of ‚ongoingly, progressively, and developingly revealing‘ decideability of truth, correctness, efficacy, factual adequacy, temporal sequence, logical sequence, notational uniformity.“ (Garfinkel 1996: 13)

Dies sind die analytischen Kategorien, die genau erforscht werden müssten, wenn man einer Praxistheorie der Navigation auf die Spur kommen will. Das ist allerdings mit einer Reihe von Schwierigkeiten verbunden. Der u.a. angesprochene Aspekt der notationalen Vollständigkeit und prozedural zu erzielenden Verfolgbarkeit ist eine Fragestellung, die nur in der Bewegung selbst aufgeworfen wird.<sup>3</sup> Nur auf dem Weg zum Ziel stellt sich die praxeologische Frage, welche Mehrdeutigkeiten entstehen, welche Lücken oder Fehler der Karte anzulasten sind.

Die genügsame Karte in ihrem dokumentarischen Charakter ist unter praxeologischen Gesichtspunkten betrachtet immun gegenüber Fragen informativ-er Vollständigkeit. Daher spielt im Diskurs die mimetische Funktion von Karten auch keine Rolle. Die Praxistheorie versteht sich als Gegenentwurf zur *Environmental Psychology*, die bis heute unsere Vorstellung von Navigation prägt.

Die Idee, dass es so etwas wie eine ‚Mental Map‘ gäbe, die unsere reale Orientierung und Bewegung im Raum auf geistiger Ebene repräsentieren würde, ist sehr wirkmächtig, obwohl sie auf keinen empirisch belegbaren oder neurobiologisch begründbaren Tatsachen beruht.

Harold Garfinkel hat mehr als 30 Jahre versucht, gegen diese Idee ‚anzuschreiben‘, insbesondere auch im Diskurs mit David Stea, der wie Garfinkel an der UCLA lehrte und der zusammen mit Roger M. Downs die Idee „kognitiver Karten“ maßgeblich begründet hat (vgl. Downs/Stea 1973). Insofern wendet sich die Praxistheorie gegen die weit verbreitete Vorstellung, virtuelle und real-räumliche Bewegungsformen seien irgendwie übertragbar, wie die Navigation in virtuellen oder realen Welten.

Garfinkels Modellvorstellung bewegt sich im dreidimensionalen Raum und ist nicht, wie etwa

**2** „Procedural\* does not mean ‚process‘. It means labor of a certain sort: At the work-site ongoingly, progressively, and developingly coming upon the phenomena of a way-finding journey via the work in and as of unmediated, directly, and immediately observed, achievedly coherent phenomenal details of producing them.“ (Garfinkel 1996: 2f.)

**3** Die Schwierigkeit besteht somit auch darin, dass man mobile Methoden entwickeln muss, die eine mikroanalytische Untersuchung des Navigationsverhaltens ermöglichen. Hier hat man sich methodisch bislang auf die Autonavigation fokussiert.

die Untersuchungen Latours, auf die epistemischen Prozesse im und durch den zweidimensionalen Raum hindurch ausgerichtet. Das macht Garfinkels Untersuchung weitaus komplexer und auch schwieriger beschreibbar. Helfen würde da – sozusagen als methodologische Krücke – die Untersuchung von *Wayfinding*-Prozessen, die ausschließlich oder zumindest noch stärker auf Mediengestütztheit angewiesen sind.

So bieten die aktuellen navigatorischen Verfahren (insbesondere mittels AR- oder VR-Interfaces) ein wesentlich besseres methodisches Umfeld für die Untersuchung von Medienpraktiken, da hier Medien in der Regel eine *conditio sine qua non* für die Bewegung im Realraum sind.

Garfinkel hatte es seinerzeit versäumt oder es nicht als notwendig erachtet, die Methoden des Mediums selbst – die sog. Medienmethoden – noch umfassender zu beleuchten. Diesen Schritt hat später ansatzweise die Technomethodologie propagiert, die allerdings in den Anfängen stecken blieb (vgl. Dourish/Button 1998).

Methodologische Entwicklungen innerhalb der Medienforschung (wenn auch bislang nicht in der Medienwissenschaft) bieten allerdings Ansatzpunkte, die mobile *Human-Computer Interaction* stärker praxistheoretisch zu erforschen. Dies hat damit zu tun, dass vielfältige Sensoren, mit denen immer mehr mobile Medien ausgestattet sind, es erlauben, die Komplexität von Praktiken (in diesem Fall der Navigation und Bewegung im Raum) besser abzubilden und technisch umzusetzen. Als bedeutsamen und wegweisenden Schritt hat sich hier insbesondere die Integration von Trägheitssensoren in mobile Medien erwiesen.

### Von der Trägheit tragbarer Medien

Die theoretischen Modellvorstellungen der Sensormedien rekurren derzeit noch auf die Interdependenzen, Multimedialitäten und Multimodalitäten der fünf Sinne, über die sich die kategorialen Differenzierungen der sensortechnischen Systeme konstituieren (auditive, visuelle, taktile Sensoren etc.).

Praxistheoretische Beschreibungen operieren jedoch auf der Basis einer komplexeren Sensorik. Dadurch sind sie für das menschliche Auffassungsvermögen schwer zu erfassen und zu beschreiben. Sie können im Grunde nur als unendliche Aufzählung von sich wechselseitigen unterstützenden und sich konstituierenden Praktiken funktionieren, die eine scheinbar übergeordnete Praktik erklären.

Durch die Forschungen im Bereich der *Environmental Psychology* hat sich beispielsweise die Auffassung durchgesetzt, dass sich Navigation aus der a) Orientierung, b) Routenwahl, c) Routenverfolgung und d) der Entdeckung des Ziels konstituiert. Dazu

korrespondieren auf technischer Ebene eine a) Lokalisierung/Positionierung (mittel GPS, WLAN, Gyroskops etc.), b) Routenkalkulation, c) Guidance und d) Verifikation des Ziels.

Die mitunter vielschichtige und häufig sehr unterschiedliche Praxis der Navigation wurde dabei in eine Sequenz fünf sukzessiver Stufen unterteilt. Diese ‚Subpraktiken‘ entsprechen dabei einer navigatorischen Praxis, wie sie mehr oder weniger direkt durch einzelne technische Komponenten ausgeführt werden kann – entsprechend wurde eine analoge Praxis mit Hilfe von Papierkarten in die Maschinerie von Digitalmedien übersetzt.

Das Versprechen der Praxistheorie ist allerdings ein anderes: „The value of practice theory is to ask open questions about what people are doing in relation to media.“ (Couldry 2012: 43)

Von Nick Couldry gibt es daher den Versuch, mittels der Praxistheorie sehr viel allgemeiner und kontextfreier herauszufinden, was Menschen mit digitalen Medien *alles* anstellen.

Das Ergebnis seiner Überlegung ist eine Auflistung verschiedener ‚digitaler Praktiken‘, die unterschiedlich stark mit Medien verbunden sind: a) ausgehend von Praktiken, die für Medien Anwendung finden, b) über Praktiken, die mit Hilfe von Medien ausgeführt werden, c) bis hin zu Praktiken, die durch Medien ermöglicht werden (vgl. ebd.: 57). In dieser Abstufung reiht er grundlegende digitale Praktiken des „searching and search-enabling“, „showing and being shown“, „presencing“ und „archiving“ ein, aber auch eher habituelle Praktiken des „keeping up with the news“, „commentary“, „keeping all channels open“ oder „screening out“.

Auch wenn es sich hierbei um eher allgemeine Praktiken handelt, die in ihrer Bedeutung dem Zeitgeist sozialer Medien geschuldet sind, so zeigt sich doch, dass Medien die Eigenschaft haben, Praktiken zu kondensieren und zu explizieren. Sie sind Teil einer Vereinheitlichungs- und Vereinfachungsmaschinerie, da Medien dazu neigen, nur bestimmte Elemente einer komplexen und diversen Praktik zu transduzieren – also einerseits zu repräsentieren, andererseits zu transformieren (vgl. Kitchin/Dodge 2011: 71ff.). Praktiken können daher niemals ohne die sie unterstützenden oder ermöglichenden Medien gedacht werden.

Wie wir anhand der Ausführungen von Couldry sehen, fokussieren sich gegenwärtig viele medienpraxistheoretische Erwägungen auf bestimmte digitale Technologien, die ‚digitalen Praktiken‘ scheinbar zu Grunde liegen. Eine solche Betrachtungsweise hat den Nachteil, nicht die Emergenz neuer Praktiken oder auch dysfunktionaler Praktiken und Workarounds erklären zu können. Gleichwohl kann die Analyse von Praktiken einen Beitrag dazu leisten, die entscheidenden technischen Veränderungen in



der Geschichte, Entwicklung und Genealogie von digitalen Medien herauszukristallisieren.

Ein wesentliches Kennzeichen der Sensormedien – und damit der mobilen Medien und der digitalen Navigation – ist das „Inertial Sensor Processing“. Hierbei werden Sensoren dazu genutzt, um die Bewegung und Neigung eines Devices zu messen.

Für navigatorische Medienanwendungen sind der Beschleunigungssensor und das Gyroskop, die sich mittlerweile in jedem Smartphone befinden, von entscheidender Bedeutung. Das Akzelerometer misst die bei geradlinigen Bewegungen auftretende Beschleunigung und Verlangsamung (hoch-runter, links-rechts, vor-zurück). Das Gyroskop hingegen misst eine Bewegung entlang einer beliebigen Achse, zumeist ein Kippen, Rotieren oder Schwanken. Dies ist beispielsweise für die Reorientierung eines Displays in das Landschafts- oder Portrait-Format in Folge einer „Screen Rotation“ notwendig.

Beide Sensoren sind für die Eigenorientierung der mobilen Devices verantwortlich. Sie erlauben es, dass eine Beziehung der Medien zum Körper ausgehandelt wird. Gerade für Running-Apps, Fitness-Armbänder bzw. Sportuhren sind diese Sensoren essentiell. Durch das „Inertial Sensor Processing“ ist es möglich, dass nicht, wie bei der navigatorischen Darstellung üblich, die Bewegung von Mensch und Medium gleichgesetzt wird.

Vor den Sensormedien war der Diskurs um digitale Medien dadurch geprägt, dass das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein eines Computers darüber entschied, ob „Digital Divides“ oder auch „Digital Natives“ zu konstatieren seien. Der Mensch wurde durch Digitalmedien als holistisch-sensorische Einheit erfasst.

Durch Sensormedien ist der Körper unter Daten Gesichtspunkten aufgeteilt. Das datafizierte *intéressement* (vgl. Hennion/Méadel 2013) von Sensoren erstreckt sich nur auf bestimmte Körperteile und -funktionalitäten. Bei den getragenen Devices ‚fragen‘ Trägheitssensoren: „Wozu wird das Medium gerade genutzt?“, „Was macht der Mensch mit mir?“

Diese anthropozentrische Betrachtungsweise filtert zugleich bestimmte Praktiken und körperliche Betätigungs- und Bewegungsformen, die sich nicht ohne Weiteres durch Sensoren erfassen lassen. Insofern tragen Sensormedien zu einer Granularisierung des Menschen und seiner Daten bei.

Bei der multimodalen Erkennung durch verschiedene gleichzeitig stattfindende Sensorprozesse spielt die Detailliertheit und Genauigkeit der zu prozessierenden Daten eine wichtige Rolle (vgl. Tickoo/Iyer 2017: 44). Diese ist stark abhängig von der Nutzungsart und dem Nutzungskontext. Bei der Navigation fordern bspw. „tight latency constraints“ (dies.: 12) eine gröbere Granularität der erfassten Sensordaten.

Mit steigender Geschwindigkeit der bewegten Sensormedien nimmt die Granularität der prozes-

sierten Daten zu und damit auch die Granularität des menschlichen Körpers. Je schneller die zu prozessierende Bewegung im Raum, desto geringer ist die Auflösung des digitalen Körpers, der sensorischen Eingang in die Datenwelt erhält. Dies stellt die Praxistheorie der Medien vor eine Herausforderung und verleiht ihr zugleich eine besondere gesellschaftliche Relevanz.

Sensoren prägen die Datenwelt und steuern zusehends, was wir unter Daten verstehen. Sie konstituieren zudem unser Verständnis mobiler Digitalmedien. Denn nur was Sensoren erfassen können, ist Teil der Datenwelt und bestimmt die digitale Partizipation. Durch Sensoren generierte Daten scheinen zudem vertrauenswürdiger zu sein als das Vertrauen in das eigene Körpergefühl: „These data were often viewed as more ‚truthful‘ or ‚accurate‘ than the haptic and other sensations they felt from their bodies [...]“ (Lupton 2017)

Für die Praxistheorie der Navigation hat dies folgende Konsequenzen: Die Sensorik ist durch zwei fundamental unterschiedliche ‚Daseinsformen‘ geprägt: Zum einen Sensoren, die Menschen mit sich tragen, und zum anderen Sensoren, die sich verteilt in der Umwelt befinden. Dabei zeichnen sich die sogenannten „Wearables“ dadurch aus, dass sie die menschliche Bewegung erfassen, potentiell aus der Erste-Person-Perspektive, während die Devices des „Internet of Things“ typischerweise als Dritte Person auf eine Szene oder ein Kollektiv ‚schauen‘.

Aus sensormedialer Perspektive haben wir es daher mit zwei unterschiedlichen Kategorien navigatorischer Praktiken zu tun. Denn die Bewegung mobiler Medien – seien es Wearables, Smartphones oder Flugobjekte wie Drohnen – kann auf zwei fundamental unterschiedliche Arten und Weisen gemessen werden: Einerseits erfolgt die Bewegungserfassung durch externe Observation der Umwelt: Eine Kamera beobachtet die Umgebung und kartiert<sup>4</sup> die Bewegung. Andererseits erfolgt die Bewegungserfassung durch die interne Observation des Mediums selbst.

Dabei gilt folgender Grundsatz: Je kontrollierbarer und definierbarer die Umwelt, desto eher können Medien auf humanoide Sensoren zurückgreifen, die den klassisch aristotelischen fünf menschlichen Sinnen verpflichtet sind, und ist Makro-Navigation möglich. Je (informationell) unbekannter und (infrastrukturell) unerschlossener die Umgebung, desto

<sup>4</sup> Hiermit ist eine sehr umfassende Bedeutung von Kartierung gemeint, die über ein Kartographieren hinausgeht. Mapping meint hier jedwede bildliche Übereinstimmung, die durch den Vergleich von sensorisch erfasster mit der (auf einer Datenbank) vorfindbaren Information stattfindet. Es handelt sich hierbei um einen Abgleich der real-räumlichen mit der virtuell-räumlichen Information.

stärker sind Medien auf die Selbstbeobachtung und Onboard-Sensorik angewiesen und ist Mikro-Navigation möglich. Dies bedingt die sehr unterschiedlichen Einsatzbereiche mobiler Medien in urbanen und ruralen Räumen.

Will man in vagen Umwelten dennoch eine Makro-Navigation gewährleisten, muss jedes Medium mit der gleichen Sensorik instrumentiert werden, um über Skalierungseffekt und kollektive Intelligenz ein distribuiertes Erkennen und Kalkulieren zu ermöglichen, wie dies bspw. bei *Social Navigation Apps* zum Einsatz kommt.

Es gilt daher nicht nur die Erweiterung der Medien durch Sensoren zu untersuchen, sondern sehr viel grundlegender Medien durch ihre Sensorik zu verstehen. Garfinkel hatte bereits in seiner „Sociological Theory of Information“ hierzu erste Ansätze präsentiert, indem er Medien als Sensorium definiert, durch das die Bedingungen eines mobilen Beobachterstandpunkts gespiegelt werden (vgl. Garfinkel 2008 [1951]: 239).

### Vom Nutzer zum *expéditeur* und Interakteur

Die praxeologische Fokussierung auf „sensory media“ (ebd.) erlaubt uns daher im nächsten Schritt eine andere Betrachtungsweise in der Analyse von soziotechnischen Entwicklungen und im Verständnis von medialen Akteuren. So lässt sich aus sensormedialer Perspektive Bruno Latours Erfindung der „immutable mobiles“ letztlich auf die oben beschriebene divergente Form der Datenerfassung zurückführen. Denn es handelt sich hierbei um epistemische Objekte, die aus unkontrollierten und undefinierten Umwelten in eine kontrollierte und kalkulierte Umwelt verfrachtet wurden.

Die von Latour (1987) beschriebenen „centers of calculation“ sind letztlich lediglich durch sensorische Verlagerung entstanden: Aus einer „external device instrumentation“ wurde eine „internal device instrumentation“. Sensormedien stellen demnach Latours Verständnis von epistemischen Prozessen in Frage. Denn aus sensormedialer Perspektive wurden Rechen(schafts)zentren nicht durch Anreicherung und Sammlung mobiler unveränderlicher Elemente gebildet – es müssen keine Expeditionen ausgesandt werden, um mit Inskriptionen zurückzukommen, damit auf dieser Basis wiederum neue Expeditionen Spuren sammeln und so Wissen akkumulieren.

Dieser Akkumulationskreislauf (vgl. Latour 2009: 118ff.) ist unter digitalen Bedingungen nicht länger notwendig und er beruht zudem auf einer ungenauen Darstellung, der an der Wissensakkumulation beteiligten Medien. Die epistemischen Objekte sind bereits „vor Ort“ vorhanden. Sie konnten bislang in entlegenen Gebieten nur nicht durch die geeignete Sensorik erfasst werden.

„Wenn wir nicht zur Erde gehen können, lass die Erde zu uns kommen, oder genauer, lass uns alle zu vielen Plätzen auf der Erde gehen und mit denselben, aber unterschiedlichen homogenen Bildern, die gesammelt, verglichen, überlagert und an ein paar Orten neu gezeichnet werden können, zusammen mit den sorgfältig etikettierten Proben [...] zurückkehren.“ (Latour 2006: 278) Diese Aussage hat im digitalen Zeitalter der Sensormedien keine Gültigkeit mehr (vgl. Gabrys 2016).

Letztlich beruht eine ganze Reihe von wissenschaftlichen Analysen, die sich auf das „immutable mobiles“-Konzept berufen, auf einer fehlenden Einbeziehung der unterschiedlichen medialen Bedingungen in der situierten Datenerzeugung. Eine genaue Betrachtung der unterschiedlichen Medien der Datensammlung im Pazifischen Ozean (mittels Uhr, Kompass, Notizbuch, Kursbuch, handgezeichneter Karte etc.) und der Datensammlung am Hof Ludwig XVI. (u.a. mittels einer Kupferstich-Karte) hätte daher hervorgebracht, dass wir es mit wissenschaftlichen Instrumenten und Fertigkeiten zu tun haben, die extern im Feld und auf Schiffen andere sind, als intern in Amtszimmern, Kartenräumen und Laboren eines königlichen Hofes.

Es reicht nicht aus, nur der „Bewegung des Beobachters“ (Latour 2009: 114) zu folgen – auch die an der Bewegung beteiligten Medien und deren „Innovationen in der Inskription, Projektion, im Schreiben, Archivieren und Berechnen“ (Latour 2006: 265) bedürfen der Prüfung. Latours Untersuchung fehlt eine praxistheoretische Analyse der kartographischen Instrumente und Medien. Darüber hinaus ist eine sensormediale Betrachtungsweise aufgefordert, die Nutzer und Akteure anders zu beschreiben: nicht mehr als Beobachter, sondern als einen ständigen Expeditionsteilnehmer, *expéditeur* und Interakteur. Dabei können die Interakteure selbst zu „Interaktanten der algorithmischen Interaktion“ werden, wenn wir es mit partiell autonomen „sensorbasierte[n] Aktanten“ zu tun haben (Rauer 2017: 210) und die Sensoren selbst als ‚Nutzer‘ fungieren.

„A sensor may even be a *User* [...]. With this new infrastructure now active, the churn of social interaction that so interested Tarde is now not only made up of human-to-human communication; it is also a din of bodies, machines, and other chemistries signaling to itself about itself. Human *Users* are both the subject and the object of this system, sometimes piloting it and sometimes piloting by it.“ (Bratton 2015: 340)

Die Analyse von Sensormedien erlaubt es dementsprechend, die Medientheorie- und Praxistheorieentwicklung in eine gemeinsame Richtung zu führen, die den gegenwärtigen Bedingungen einer digitalen Kultur und Gesellschaft gerecht wird.

## Fazit

Die Medienwissenschaft des 21. Jahrhunderts steht vor einer neuen Herausforderung:

„By twenty-first-century media, I mean to designate less a set of objects or processes than a tendency: the tendency for media to operate at microtemporal scales without any necessary—let alone any direct—connection to human sense perception and conscious awareness. This tendency is in large part the result of the revolution in media instigated by digital computation: today’s microsensors and smart devices allow for an unprecedented degree of direct intervention into the sensible confound.“ (Hansen 2015: 37)

Sensormedien entziehen sich einer Nutzung, da diese in situ auf einem nicht-anthropometrischen Skalierungsniveau entsteht und die Verwendungskontexte unterdeterminiert sind. Sie entziehen sich klassischen Differenzierungen wie Unterhaltung, Kommunikation, Information oder Spiel, sondern verstehen sich als Assistent, Begleiter oder Gefährt\*innen (vgl. Haraway 2016: 17ff.).

Der Konstitution eines adressierbaren menschlichen Agenten vorgelagert, zielen die Operationen der Sensormedien auf den Zugang zu und die Intensivierung von Empfindungsvermögen. Es geht nicht nur darum, Medien als Erweiterungen des menschlichen Körpers zu verstehen. „Schon die Erweiterung eines einzigen Sinnes verändert unser Denken und Handeln – unsere Wahrnehmung der Welt. Wenn sich diese Gewichtungen verschieben, verändert sich der Mensch.“ (McLuhan/Fiore 2011 [1967]: 41)

Durch Sensoren verändern sich vor allem die Gewichtungen in der medialen Erfassung und Wahrnehmung der Umwelt und mithin unser Menschenbild. „For the first time in history, media now typically affect the sensible confound independently of and prior to any more delimited impact they may come to have on human cognitive and perceptual experience.“ (Hansen 2015: 37) Medien werden zu menschlichen Begleitern, die ihr Leben nahezu unabhängig, wenn auch in Verbundenheit zu unserem führen.

## Literatur

- Bratton, Benjamin (2015): *The Stack: On Software and Sovereignty*, Cambridge, MA: MIT Press.
- Couldry, Nick (2012): *Media, Society, World: Social Theory and Digital Media Practice*, Malden, MA: Polity.
- Deutsch, Karl W. (1948/1949): „Some Notes on Research on the Role of Models in the Natural and Social Sciences“, in: *Synthese* 7(1), 506–533.
- Dourish, Paul/Button, Graham (1998): „On ‚Technomethodology‘: Foundational Relationships between Ethnomethodology and System Design“, in: *Human-Computer Interaction*, 13(4), 395–432.
- Downs, Roger M./Stea, David (Hg.) (1973): *Image and Environment. Cognitive Mapping and Spatial Behavior*, Chicago: Aldine.
- Gabrys, Jennifer (2016): *Program Earth: Environmental Sensing Technology and the Making of a Computational Planet*, Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Garfinkel, Harold (1993): „The Locally Occasioned, Endogenously Achieved Properties of Logic, Meaning, Method, Reason, and Order of Occasioned Maps“, unveröffentlichtes Manuskript, University of California, Los Angeles vom 23.03.19963.
- Garfinkel, Harold (1996): „Notes Comparing Two Analytic Formats of Occasion Maps of Way Finding Journeys: ‚Documentary‘ and ‚Essentially Procedural‘“, unveröffentlichtes Manuskript, University of California, Los Angeles vom 24.02.1996.
- Garfinkel, Harold (2008): „Memo # 1: Organizational Behavior Project [undatiert, wahrscheinlich 1951]: A Statement of the Problem of Communicative Strategies in Self-Maintaining Systems of Activity“, in: Ders., *Toward a Sociological Theory of Information*, hrsg. v. Anne Warfield Rawls, Boulder, CO, 226–247.
- Hägerstrand, Torsten (1982): „Diorama, Path and Project“, in: *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie* 73, 323–329.
- Hansen, Mark B.N. (2015): *Feed-Forward: On the Future of Twenty-First Century Media*, Chicago: University of Chicago Press.
- Haraway, Donna (2016): *Das Manifest für Gefährten: Wenn Spezies sich begegnen*, Berlin: Merve.
- Latour, Bruno (1987): *Science in Action: How to Follow Scientists and Engineers through Society*, Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Latour, Bruno (2006): „Drawing Things Together: Die Macht der unveränderlich mobilen Elemente“, in: Andréa Belliger/David J. Krieger (Hg.), *ANThology. Ein einführendes Handbuch zur Akteur-Netzwerk-Theorie*, Bielefeld, 259–307 [„Visualisation and Cognition: Thinking with Eyes and Hands“, in: *Knowledge and Society. Studies in the Sociology of Culture Past and Present* 6 (1986), 1–40].
- Latour, Bruno (2009): „Die Logistik der immutable mobiles“, in: Jörg Döring/Tristan Thielmann (Hg.), *Mediengeographie. Theorie – Analyse – Diskussion*, Bielefeld: transcript, 111–144.
- Lupton, Deborah (2017): „Feeling your Data: Touch and Making Sense of Personal Digital Data“, in: *New Media & Society* 19(10), 1599–1614.
- McLuhan, Marshall/Fiore, Quentin (2011): *Das Medium ist die Massage*, Stuttgart: Klett-Cotta.

- Pias, Claus (2004): „Zeit der Kybernetik: Zur Einführung“, in: Ders. et al. (Hg.), *Kursbuch Medienkultur*, Stuttgart: DVA, 426–431.
- Rauer, Valentin (2017): „Drohnen: zur Materialisierung von Algorithmen“, in: Robert Seyfert/Jonathan Roberge (Hg.), *Algorithmenkulturen*, Bielefeld: transcript, 189–214.
- Rechenberg, Peter (2003): „Zum Informationsbegriff der Informationstheorie“, in: *Informatik-Spektrum* 26(5), 317–326.
- Sommer, Manfred (2016): *Von der Bildfläche: Eine Archäologie der Lineatur*, Frankfurt a.M.: Suhrkamp.
- Straube, Till (2016): „Stacked Spaces: Mapping Digital Infrastructures“, in: *Big Data & Society* 3(2), 1–12.
- Tickoo, Omesh; Iyer, Ravi (2017): *Making Sense of Sensors: End-to-End Algorithms and Infrastructure Design from Wearable-Devices to Data Center*, New York: Apress.
- Turkle, Sherry (2008): „Always-On/Always-On-You: The Tethered Self“, in: James E. Katz (Hg.), *Handbook of Mobile Communication Studies*, Cambridge, MA: MIT Press, 121–137.
- Weaver, Warren (1949): „Recent Contributions to the Mathematical Theory of Communication“, in: Shannon, Claude E./Weaver, Warren (Hg.), *The Mathematical Theory of Communication*, Urbana, IL: University of Illinois Press.