

Erste erfolgreiche Echoortungen in biologischen Körpern führten Ludwig und Struthers mit dem Reflectoscope in Tierstudien durch, über welche sie 1949 publizierten. Vier Gallensteine wurden in die Rückenmuskeln eines Hundes implantiert und nach vollendeter Wundheilung erfolgreich sonographisch lokalisiert: „One week following implantation, when the wounds had healed, an attempt was made to localize the calculi by using the Reflectoscope. They could be detected easily“.⁴⁰ Ebenso führten sie erfolgreiche Tests mit in der Gallenblase eines größeren Hundes implantierten Gallensteinen durch. Der Aufsatz endete mit einer Neuevaluation von Störung und Botschaft für ultrasonische Impulssendungen durch biologische Körper unter den Bedingungen der Sonographie. Für diese erwies sich Luft im Körper als ein „difficult problem“, da diese – wie im historischen Kontext Grenzflächen zwischen einander inkompatiblen chemischen Stoffen noch bezeichnet wurden – ein „interface“ realisierte, das zu unerwünschten Echos führte.⁴¹

„Sound-Wave Portrait in the Flesh“

Ebenso wie Ludwig begann Douglass Howry seine sonographischen Experimente 1949 mit einem Reflectoscope, wie es Firestone konzipierte. Zusammen u.a. mit dem Elektroingenieur Rod Bliss und dem Radarspezialisten Carl Spauling fand er heraus, dass sie im Menschen Echos von Stellen erhielten, an denen unterschiedliche Gewebeschichten aufeinandertrafen. Infolgedessen passten sie das Reflectoscope auf die Bedingung der Ortung innerkörperlicher Strukturen an und konzipierten einen Oszillatoren weitauß höherer Schwingungen. Die neu konstruierte Apparatur nannten sie „Somascope“,⁴² dessen Schallstrahl beweglich war. Dies gewährleistete, dass durch elektronische Visualisierung nicht nur punktuelle, sondern serielle Delaymessungen möglich wurden, die sich zu einer graphischen Kurve fügten. Über diese 1950 durchgeföhrten Experimente publizierten sie 1952 und gaben Illustrationen ihrer sonographischen Visualisierungen, die sie „Somagramme“ nannten: von einem wassergefüllten Kondom mit einem Glasstab im Inneren; von einer gesunden und einer mit Steinen befallenen Gallenblase; von einem Stück Leber; und von einem Arm in einem Wasserbad.⁴³ Damit erzeugten sie eine Form

40 Ludwig/Struthers (1949): „Considerations Underlying the Use of Ultrasound“, 15.

41 Ebd., 17 u. 20. Der deutsche Begriff für derartige Interfaces als physikalische „Grenzflächen“ war „Phasengrenze“.

42 Abbildungen des Geräts und seiner Sonogramme finden sich in Howry, Douglass H. et al. (1954): „The Ultrasonic Visualization of Carcinoma of the Breast and other Soft-Tissue Structure“, in: *Cancer* 7, 354-358.

43 Howry, Douglass H./Bliss, W.R. (1952): „Ultrasonic Visualisation of Soft Tissue Structures of the Body“, in: *Journal of Laboratory and Clinical Medicine* 40, 579-592.

technisch induzierter Sichtbarkeit, die sich von anderen bildgebenden Verfahren der medizinischen Diagnostik, wie bspw. Röntgenstrahlen, nicht nur technisch, epistemologisch, sondern auch hinsichtlich ihres konkreten diagnostischen Werts in der Praxis unterschieden. Sie generierten Bilder, die mit Röntgenstrahlen nicht hätten bewerkstelligt werden können.

In der populärwissenschaftlichen Berichterstattung ihrerzeit wie bspw. im *Life Magazine* wurde aufgrund ihrer technischen Verwobenheit die Terminologie von Sonar auf die neue Sonographie appliziert. Nicht nur wurde das Somascope als „sonarlike device“ bezeichnet, sondern es waren nunmehr nicht Uboote, sondern Menschenkörper, die ultraakustischen Pings ausgesetzt waren („pinged at“⁴⁴). Wie im Falle von Sonar wurde ein „target“⁴⁵ – nunmehr ein:e Patient:in – mit einem gebündelten und gerichteten Soundstrahl sondiert; wie beim Sonar befand sich dieses „target“ sowie piezoelektrische Sender und Empfänger unter Wasser; Echos aus einem untersuchten Körper wurden einem Ausgabemedium zugeführt, das sie sichtbar machte; und der sonographisch untersuchte Körper wurde diversen Messungen ausgesetzt, damit sich ein Schallbild des untersuchten Subjekts ergab. So findet sich im *Life Magazine* eine Abbildung (vgl. Abb. 33) und Formulierung unter der Überschrift „Sound-Wave Portrait in the Flesh“: „When the sound beam is swung back and forth to scan the patient, the echoes link together to form a clean and unbroken picture of the shape and position of different kind of body tissue“.⁴⁶

Wie auch Douglass Howry begann John Wild 1949 mit sonographischen Laborexperimenten, nutzte Impulstechniken – und hierbei einen Transducer zum Senden *und* Empfangen – und publizierte extensiv über diese.⁴⁷ Dabei prägte er die Begriffe ‚Echographie‘ für die Methode, ‚Echograph‘ für die elektrotechnische Visualisierung der Ortungen und ‚Echogramme‘ für die entstandenen Bilder.

44 Anonym (1954): „Sound-Wave Portrait in the Flesh. A Sonarlike Device Produces Pictures of the Human Body's Soft Tissues which are Invisible to X-rays“, in: *Life*, v. 20. September, 71-72, 71.

45 Ebd.

46 Ebd.

47 Verwiesen sei auf die drei Aufsätze Wild, John J. (1950): „The Use of Ultrasonic Pulses for the Measurement of Biologic Tissues and the Detection of Tissue Density Changes“, in: *Surgery* 27, 183-188; Wild, John J./Neal, D. (1951): „The Use of High Frequency Ultrasound Waves for Detecting Changes in Texture of Living Tissues“, in: *The Lancet* 1, 655-657; Wild, John J./Reid, John M. (1952): „Application of Echo-Ranging Techniques to the Determination of Structure of Biological Tissue“, in: *Science* 115, 226-230.

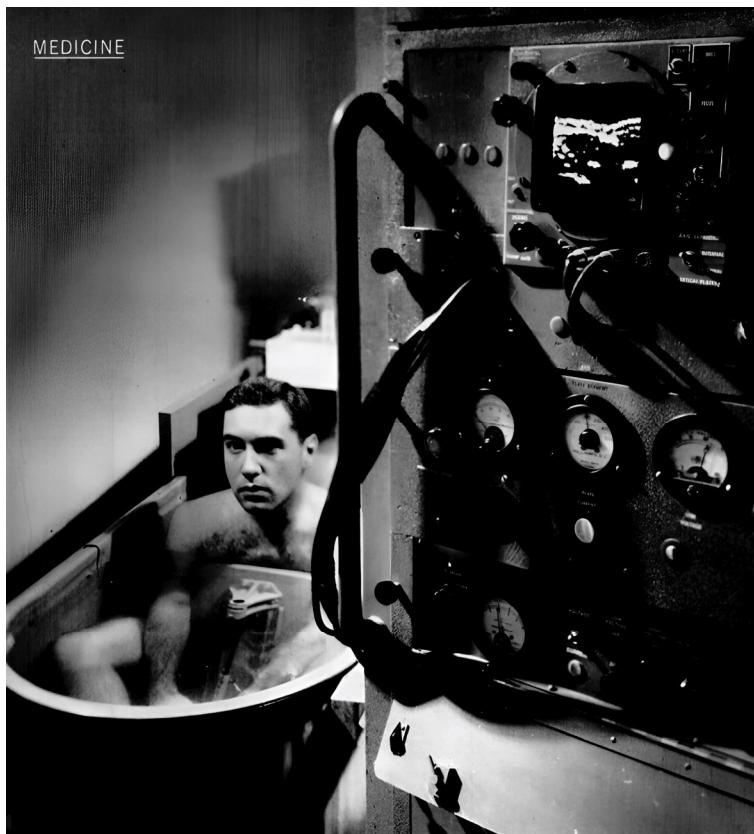


Abbildung 33: Teammitarbeiter Gerald J. Posakony im sonographischen Wasserbad. Der Fokus der Inszenierung liegt auf dem Somascope.

Die *exemplarischen* Howry, Wild und Ludwig zeigen es auf: Impuls-Echo-Methoden waren für die Sonographie um 1950 als essenziell erachtet worden.⁴⁸ Allerdings hatte sich das Feld der Sonographie jener Zeit apparativ noch keineswegs konsolidiert. Die Zukünfte der sonographischen Praxis waren offen und ungewiss. Dies ließe sich an Wild und Howry aufzeigen, die etwa zur selben Zeit beide in den USA Ultraschall in den Dienst der medizinischen Diagnostik stellten und beide zweidi-

48 Ich setze das Wort „*exemplarisch*“ bewusst kursiv. Die Verengung von Geschichtsschreibung auf einzelne Personen vernachlässigt infrastrukturelle, organisatorische und soziale Bedingungen und Beziehungen, die essenziell für die Entwicklung neuer Technologien sind. Für die grundlegende Argumentation dieser Arbeit erscheint die Fokussierung auf die Veröffentlichungen und Forschungsarbeiten ausgewählter Personen funktional, weil bei diesen die messtechnische Verschaltung des Delays programmatisch zutage tritt.

dimensionale Bilder menschlicher Körper auf Basis von Delaymessungen erzeugten – allerdings mit unterschiedlichen technischen Geräten, auf Basis unterschiedlicher Frequenzen und zu differenten diagnostischen Zwecken. Weder hätte die Apparatur von Wild auf das Erkenntnisinteresse von Howry angewendet werden können noch umgekehrt. Howrys Apparatur verfügte über Armaturen zur Steuerung des Transducers, zur Regulierung seiner Sensitivität und zur Manipulation der wiederempfangenen Echos vor ihrer Visualisierung – all dies erübrigte sich hingegen bei Wilds Apparatur.⁴⁹ Neben der Varianz der technischen Objekte bleibt allerdings festzuhalten, dass sich zu jener Zeit in der medizinischen Diagnostik der Grundgedanke verfestigte, *dass* Ultraschall zu nicht-invasiven Untersuchungen geeignet sei. Und zweitens, *dass* dies auf Grundlage von Impuls-Echo-Messtechniken erfolgen sollte, mithin als Verfahren der Delaymessung.

Unter Mediziner:innen waren wenige Jahre zuvor, zur Mitte der 1940er Jahre, noch zwei mögliche Verfahren der Ultraschalldiagnostik im Gespräch. Einerseits die Verwendung von zwei Transducern, zwischen denen ein Stück zu untersuchendes Gewebe platziert wurde. Während ein Transducer den Schallstrahl produzierte, fungierte in diesem Setting der andere als Empfänger, sodass die schallabsorbierenden Eigenschaften des durchschallten Gewebes gemessen wurden. Dies ließ – nach geklärten Absorptionskoeffizienten von unterschiedlichen Gewebestrukturen – Rückschluss auf dieses Gewebe und etwaige immanente Einschlüsse zu. Es handelte sich also um ein raumkritisches Verfahren, das nicht der Lokalisierung körperimmanenter Strukturen dienen konnte, sondern allein der Gewebeanalyse. Die zweite Methode nutzte lediglich einen Transducer, der als Sender *und* Empfänger des gepulsten hochfrequenten Schallstrahls gleichermaßen fungierte und realisierte damit ein zeitkritisches Verfahren. Noch 1948 konnte der amerikanische Erfinder und populärwissenschaftliche Autor S. Young White im Journal *Audio Engineering* die Anwendung von Ultraschall auf biologische Wesen und die sonographische Arbeit am menschlichen Körper in Bezug auf Impuls-Techniken lediglich als vielversprechend visionieren: „Pulse measurements have been little employed, though they offer considerable promise in work on the human body. While they seem complicated, there is little difficulty for a person skilled in radar or television in handling of pulses.“⁵⁰ An der Verfügbarkeit und Bezahlbarkeit des technischen Equipments sollte es seinerzeit nicht scheitern: Musste sich Karl Dus-

49 Vgl. Koch, Ellen B. (1993): „In the Image of Science? Negotiating the Development of Diagnostic Ultrasound in the Cultures of Surgery and Radiology“, in: *Technology and Culture* 34(4), 858-893; ebenso Blume, Stuart S. (1992): *Insight and Industry: On the Dynamics of Technological Change in Medicine*, Cambridge, MA/London, insb. 91.

50 White, S. Young (1948): „Applications of Ultrasonics to Biology“, in: *Audio Engineering* 32, 30 u. 42-45, 43.

sik kollaborativ mit seinem Physiker-Bruder mühsam die Gerätschaften für seine Experimentalanordnung zusammenbasteln, waren 1948 – hauptsächlich durch die enormen institutionellen, finanziellen und technologischen Investitionen in Radar (vgl. Kap. 9) – ausreichende und vor allem kostengünstige Impulsmodule vorhanden. White erwähnte dies nur nebenbei, wichtig ist es in der Retrospektive aber allemal: „we can use a variable pulse generator such as we may buy for \$100 and which many already have.“⁵¹

Wenige Zeit später, um 1950, wurde das zeitkritische Impuls-Echo-Verfahren der Delaymessung dem raumkritischen Absorptionsverfahren eindeutig präfriert. Exemplarisch steht dafür ein Bericht der US-amerikanischen *Atomic Energy Commission*, welcher die grundsätzlichen Prinzipien der Sonographie diskutierte und über die Vorteile von Sonographie als zeitkritischer Medientechnik berichtete:

„[E]cho-ranging is the only feasible one for this biological application. The echo-ranging method will allow a fairly precise indication of where the reflecting interface is if the sound velocities in the tissue media are nearly the same because the time it takes the sound pulse to travel from the transducer to the point of reflection and back again is directly convertible to distance.“⁵²

Delay war als qualitative Größe zu einem Akteur der medizinischen Diagnostik geworden. Er konnte zwar divergente apparative Implementierung erfahren, sein grundsätzlicher Erkenntniswert wurde aber nicht mehr infrage gestellt. Die Operationalisierung der Laufzeit von Schall im Dienste der messtechnischen Adressierung von Raum hatte Einzug in ein neues Environment gehalten: lebende biologische Körper. Von Seiten der Geistes- und Sozialwissenschaften wurde der Fokus bei Forschungen zur Ultraschalldiagnostik bisher auf die soziale, gesellschaftliche oder politische Rolle pränataler Bilder und ihre Genderrelevanz gelegt.⁵³ Deren

51 Ebd.

52 United States Atomic Energy Commission (1955): *Studies in Methods in Instruments to Improve the Localization of Radioactive Materials in the Body with Special Reference to the Diagnosis of Brain Tumors, and the Use of Ultrasonic Techniques. Final Progress Report*, Minneapolis, 20.

53 Vgl. Adams, Alice E. (1994): *Reproducing the Womb: Images of Childbirth in Science, Feminist Theory, and Literature*, Ithaca/London; Farquhar, Dion (1996): *The Other Machine: Discourse and Reproductive Technologies*, New York/London, insb. das Kapitel „Prenatal Technologies: Ultrasound and Amniocentesis“; Matthews, Sandra/Wexler, Laura (2000): *Pregnant Pictures*, New York/London, insb. das Kapitel „Medical Imaging, Pregnancy and the Social Body“; Taylor, Janelle S. (1998): „Image of Contradiction: Obstetrical Ultrasound in American Culture“, in: Sarah Franklin/Helena Ragoné (Hrsg.), *Reproducing Reproduction: Kinship, Power, and Technological Innovation*, Philadelphia, 15-45; Casper, Monica J. (1998): *The Making of the Unborn Patient: A Social Anatomy of Fetal Surgery*,

Bedingung aber liegt einerseits in der Akzeptanz von Ultraschall als probatem Mittel der medizinischen Diagnostik; andererseits in der Implementierung von Delay als kritische Größe der Messung via Impuls-Echo-Verfahren.

Die Anwendung von Schall im klinischen Umfeld mag in westlichen Kulturen einer Genese unterliegen, die sich dadurch auszeichnet, dass der menschliche Leib in der Moderne zusehends als klanglicher oder zumindest schallleitender Körper zutage trat. Im Unterschied zu den Klang-Experimenten der Naturwissenschaften, die Axel Volmar für die Zeit von 1761 bis 1961 untersuchte,⁵⁴ zeichnete sich die Initialphase sonographischer Medien und Praktiken allerdings durch eine Abkehr vom Hören oder Sonifizieren aus. Es wurden die physikalischen Eigenschaften von unhörbarem Ultraschall ausgenutzt, Ultraschall durch biologische Körper gestrahl und es wurden körperimmanente Schallreflexionen in Bilder übersetzt. Schall mag ein irreduzibler Bestandteil der diagnostischen Erkenntnisproduktion der Sonographie sein – im Unterschied zum lauschenden Zugriff auf Körper basiert seine Epistemologie aber nicht auf der Klanglichkeit biologischer Subjekte, die als Indiz für Krankheiten hermeneutisch bewertet wurde.

Von Interesse ist das auch für eine praxeologische Perspektivierung des Messens und technischer Messverfahren. Die Frage wird virulent, *was* und *wann* bei dem, was allgemein unter dem Oberbegriff des ‚Messens‘ subsumiert wird, etwas in Daten übersetzt wurde. *Was* gemessen wurde, war in der sonographischen Praxis nicht die Präsenz eines bspw. Gallensteins, sondern zuvorderst der „round trip“ eines Ortungsimpulses, mithin sein Delay. Erst durch eine Reihe von Delaymessungen konturierte sich bildlich ein mögliches Objekt der Reflexion. Die Beantwortung der Frage, *wann* gemessen wurde, fällt ebenso heterogen aus. Erst die visuelle, oszillographische Darstellung situiert Delay (wie bereits bei Helmholtz: die Übersetzung von Zeit- in Raumdifferenzen, vgl. Kap. 2) und die nachfolgende Überführung dieser Raumunterschiede in Zahlwerte entsprach einer Datenproduktion. ‚Das‘ Messen zerfällt in eine Kette von Übersetzungen und Operationen, die einan-

New Brunswick et al., insb. das Kapitel „Pseudo-Submarines and the Dissolving Woman: Prenatal Diagnosis and the Unborn Patient“; Nicolson, Malcolm/Fleming, John E.E. (2013): *Imaging and Imagining the Fetus. The Development of Obstetric Ultrasound*, Baltimore; Mitchell, Lisa M. (2001): *Baby’s First Picture. Ultrasound and the Politics of Fetal Subjects*, Toronto et al., insb. das Kapitel „Opening the Black Box: The Ontology of Fetal Ultrasound Images“; van Dijck, José (2005): *The Transparent Body. A Cultural Analysis of Medical Imaging*, Seattle/London, insb. das Kapitel „Ultrasound and the Visible Fetus“. Die technikhistorischen und vor allem epistemischen Grundlagen der Sonographie werden in diesen Arbeiten allenfalls randständig erwähnt. Dies kann ihnen aber nicht zum Vorwurf gemacht werden, da sie ein anders gelagertes Erkenntnisinteresse verfolgen.

54 Volmar, Axel (2015): *Klang-Experimente: Die auditive Kultur der Naturwissenschaften 1761-1961*, Frankfurt a.M.

der bedingen, um Bilder und Daten zu produzieren. Dabei ließ ein singuläres Datum keine valide diagnostische Aussage zu, da sich buchstäblich nicht deutlich konturierte, was geortet worden war. Vielmehr erforderte ein Datum weitere Daten, um in der medizinischen Diagnostik einen praktischen Wert zu erlangen. Beim Radar waren im historischen Kontext ebenso kontinuierliche Ortungen notwendig, um Flugbahnen in Echtzeit zu tracken; ein singuläres Echo war jedoch bereits hinreichendes Indiz für die Präsenz eines fliegenden Körpers im Luftraum. Dahingegen verlangten die praktischen Erfordernisse der medizinischen Diagnostik nach einer sonographischen Datendichte, um Aussagen über körperimmanente Strukturen statt schlicht die singuläre Angabe der Entfernung zu einem Ding zuzulassen. Nur eine Vielzahl an Daten erlaubte Vagheiten zu reduzieren, was eigentlich gewebeimmanent geortet worden war. Sonographische Messungen forderten ihre Wiederholung geradezu heraus, denn erst eine gewisse Datendichte konsolidierte die Sonographie. Die Möglichkeit der Diagnostik war aus ihrer Praxis heraus irreduzibel auf ein Mindestmaß an Daten als Bedingung verwiesen: Sonographische Daten traten damit immer als Assemblagen auf.⁵⁵ Zudem waren die erzeugten Ultraschallbilder im historischen Kontext keinesfalls voraussetzungsfrei lesbar. Sie verlangten nach einer Interpretation durch Ärzt:innen, die auf dem Stand der neuartigen technischen Bilder sein musste. Dementsprechend hieß es im oben erwähnten Bericht der US-amerikanischen *Atomic Energy Commission*:

„Probably the most difficult aspect of the problem is to interpret the data yielded by the echo-ranging system. The familiar ‚A-scope‘ presentation, which is a plot of reflected sound amplitude versus distance along the sound beam, is quite seriously limited in its information. It is necessary to integrate or scan a whole series of probe positions in order to consolidate the data so that any analysis can be performed on it. (...) The problem is so difficult because we are not used to mentally interpreting data which shows not only the exterior details, but all internal configurations of an opaque solid presented in three dimensions.“⁵⁶

Es wurde ein Universum technischer Bilder biologischer Körper eröffnet, das auf einer semantischen Operationssyntax des medientechnischen Stands jener Bilder insistierte. Der nunmehr notwendig sonographisch geschulte Blick verlangte von diagnostischen Mediziner:innen eine Dateninterpretation auf Bildschirmen, welche die Ergebnisse gewebeimmanenter Echoortungen visualisierten. Die Konsolidierung von Daten durch eine Serie von Ortungen – wie es andernorts und zu an-

55 Vgl. Boyd, Ceilyn (2022): „Data as Assemblage“, in: *Journal of Documentation* 78(6), 1338-1352.

56 United States Atomic Energy Commission (1955): *Studies in Methods in Instruments*, 23.

derer Zeit bereits der Fall bei den ‚Datenpfaden‘ der *Meteor*-Expedition war (vgl. Abb. 18 in Kap. 5) – fügte sich zu Profilbildern, die die Sichtbarkeitsregime der bis dato etablierten ärztlichen Praxis irritierten und in Konsequenz phänomenotechnisch ergänzten. Schließlich galt es fortan auf Kathodenstrahlröhren, mit Gaston Bachelard geschrieben, „Phänomene [zu] sortieren, filtrieren, reinigen, in die Gußform der Instrumente gießen“, da die Phänomene selbst „auf der Ebene der Instrumente erzeugt“⁵⁷ wurden. Die Ultraschallbilder der Sonographie wurden in Kooperation von technischem Medium und menschlichem Körper geschaffen. Das bedeutete zugleich, dass sich, im Sinne Karen Barads, die Dinge nur im Zusammenspiel von Körper und Apparat als Phänomen bildlich zu wissen und zu interpretieren gaben.⁵⁸

Was das vorige Langzitat zudem offenbart, ist ein technisch induziertes Wahrnehmungs- bzw. Interpretationsproblem der medizinischen Praxis, das ausgehend von neuen Apparaturen Mediziner:innen mit vormals unbekannten Bildern konfrontierte. Akustische Distanzmesser im Militär (vgl. Kap. 4) oder frühe Echolate in der Hydrographie (vgl. Kap. 5) hatten sich nach den Bedürfnissen ihrer Felder, d.h. der Praxis gerichtet. Sie fügten sich in bereits etablierte Ordnungen ein; sie bedurften keiner eingehenden Schulung seitens ihrer Bediener:innen; und sie wurden buchstäblich im Handumdrehen bzw. auf Knopfdruck wirksam. Dahingegen hatten die sonographischen Technobilder einen anderen Status. Sie irritierten bestehende diagnostische Praktiken und verlangten nach einer vormals unbekannten Medienkompetenz. Die Sonographie fügte sich nicht gehorsam in bestehende Operationsketten ein, sondern präfigurierte vollkommen neue Operationsketten der medizinischen Praxis. Während akustische Distanzmesser und frühe Echolate aus den praktischen, mitunter körpertechnischen Erfordernissen ihrer Situation heraus entstanden sind, diktieren die Medien der Sonographie eine neue Situation der medizinischen Praxis. Die Frage, ob Medien also Lagen bestimmen oder umgekehrt, Lagen Medien bestimmen,⁵⁹ kann nicht pauschalisierend beantwortet werden. Sie verlangt nach einer situierten Perspektive.

Bei aller Vielschichtigkeit der bisher in dieser Arbeit historisch untersuchten Medien des Delays eint sie ein Aspekt: Sie alle basierten auf Akustik, ganz gleich, in welchem Environment. In den 1930er Jahren hingegen wurde ein weiteres Medium des Delays praxisrelevant, das erstaunlich weitreichende Konsequenzen für

57 Bachelard, Gaston (1988 [1934]): *Der neue wissenschaftliche Geist*, übers. v. Michael Bischoff, Frankfurt a.M., 16.

58 Barad (1998): „Getting Real“.

59 Vgl. Kittler, Friedrich A. (1986): *Grammophon Film Typewriter*, Berlin, 3: „Medien bestimmen unsere Lage, die (trotzdem oder deshalb) eine Beschreibung verdient.“

aktuelle Medienkulturen hat und das im elektromagnetischen Wellenspektrum operiert: Radar. Dieses Medium steht im Zentrum der letzten, folgenden Fallgeschichte.