

Essenziell für eine fundierte historische Betrachtung von Radar sind mithin Aspekte der Radarpraxis und der Radar-Infrastruktur. Vor dem Hintergrund dieser für das Delaymedium Radar konstitutiven Infrastruktur-Dimension scheint es überhaupt sinnvoll, eine perspektivische Verschiebung der Analyse von ‚Medien‘ hin zu ‚Infrastrukturen‘ und ihren ‚Datenpraktiken‘ vorzunehmen. Damit käme eine ‚infrastrukturelle Kehre‘ zum Tragen, wie sie Friedrich Kittler ausgerechnet für dasselbe Medium beschrieb: „Infrastruktur ist ein Wort, das ich immer öfter verwende, um Medien zu umschreiben. Bei Medien fragt man immer: Ist dies oder das noch ein Medium? Ist das Radarsystem noch ein Medium? (...) Deshalb sage ich lieber Infrastruktur. Der Begriff schließt Dinge ein, die einen historischen Raum besser definieren als vieles andere.“⁸¹

System Design und Operations Research

„The presentation of echo signals on an indicator by no means completes the problem of designing an operationally useful radar system. It is necessary that action of some sort be taken on the basis of the information afforded by the radar. To enable this action to be taken promptly, intelligently, and correctly, an organization must be created. This organization begins with the radar indication and extends to the execution of commands that arise from the situation as displayed by the radar“⁸²

– so hieß es über die Nutzbarmachung von Radardaten und die Bedeutung organisationaler Radarkooperationen von Seiten des MIT Radiation Laboratory im Jahr 1947. Dabei wurde hinsichtlich des Aufbaus einer solchen im Zitat genannten „organization“ von Radar die Frage nach einem adäquaten „system design“⁸³ historisch früh explizit. Es galt, für die systemische Auswertung von räumlich verteilten erhobenen Radardaten ein zweckdienliches System zu gestalten. Kritisch wurde dabei ebenso die Frage nach Geräten, Medien und Methoden, „which have been worked out to translate into commands the decisions taken on the basis of radar

81 Barberi, Alessandro (2000): „Weil das Sein eine Geschichte hat: Ein Gespräch mit Friedrich A. Kittler“, in: *Österreichische Zeitschrift für Geschichtswissenschaften* 11(4), 109-123, 115.

82 Ridenour (1947): „The Signal and Its Use“, 213.

83 Ebd., 214. Es ließe sich dem entgegen, dass in der Telegraphie-, vor allem aber in der Telefentechnik bereits früher auf ein elektrotechnisches Systems Design umgeschaltet worden war, das von einem Denken in einzelnen Verbindungen zugunsten von Netzwerken absah. Im Unterschied zu diesen war die Infrastruktur des Dowding Systems allerdings ein Netzwerk der Übertragung und Prozessierung und damit komplexer, was die Frage nach dem System Design verschärfte.

information.“⁸⁴ Ganz in diesem Sinne nahm Watson-Watt nachdrücklich Bezug auf die notwendig systemische Mensch-Maschine-Kooperation, die für Radar essenziell war und nahm eine Egalisierung der Leistung von Mensch und Maschine vor: „The utility of R.D.F. data (...) depends no less on the quality and performance of the observer than on the quality and performance of the equipment.“⁸⁵ Versteht man das Dowding System dem Practice Turn in den Geisteswissenschaften⁸⁶ sowie später in der Technikgeschichte⁸⁷ und der Medienwissenschaft⁸⁸ folgend als praktizierte Infrastruktur, war es die fortwährende menschliche Praxis, die die Infrastruktur *in actu* und *in situ* stabilisierte – allerdings erst, nachdem ihr Design grundlegend formalisiert wurde.

Das Dowding System kann als moderne und infrastrukturelle Form von *Scientific Management* in der zweiten Hälfte der 1930er Jahre gelten. Oder wie es Dowding selbst im November 1940 formulierte, werde der Weltkrieg nur gewonnen, würde „science thoughtfully applied to operational requirements.“⁸⁹ Ebenso hielten Derek Wood und Derek Dempster in ihrem kanonischen Buch über das *Battle of Britain* fest, dass Dowding bereits 1936 realisierte, „that the country could never be defended against air attack unless the fighter forces could operate as part of an intricate but reliable system.“⁹⁰ Dieses ‚system‘ war aber keine Gegebenheit; es war nicht schlicht ‚da‘, sondern musste zunächst formalisiert und fortwährend analysiert, evaluiert und kontinuierlich auf die Anforderungen der Praxis hin angepasst werden. Immerhin handelte es sich sowohl beim Dowding System als auch beim Radar um ein Novum, das keineswegs perfektioniert war. Als programmatisch kann dies die Praxis der ‚drittbesten Lösung‘ illustrieren, die Watson-Watt dem Team von Konstrukteuren der Radarkette Chain Home bescheinigte: „They never turned aside from their cult of the third best – ,the best never co-

84 Ebd.

85 Ebd.

86 Schatzki, Theodore R./Knorr-Cetina, Karin/von Savigny, Eike (2001) (Hrsg.), *The Practice Turn in Contemporary Theory*, London.

87 Heßler, Martina/Liggieri, Kevin (2020) (Hrsg.), *Technikanthropologie. Handbuch für Wissenschaft und Studium*, Baden-Baden.

88 Schüttpelz, Erhard et al. (2021) (Hrsg.), *Connect and Divide. The Practice Turn in Media Studies*, Zürich.

89 Zit. n. Wood, Derek/Dempster, Derek (1961): *The Narrow Margin. The Battle of Britain and the Rise of Air Power 1930-1940*, London, 170. Die Autoren ergänzten: „Such ideas are now [1961] commonplace but in 1940 they represented an astounding co-ordination of design and organization which was without parallel in the world“, ebd.

90 Ebd.

mes, the second best comes too late‘.“⁹¹ Das zeigt sich auch daran, dass sich keine der Chain Home-Radarstationen zum Ausbruch der Kriege im finalen Status ihrer Installation befand, da es als wichtiger erachtet wurde, eine größtmögliche Radarabdeckung zu erzielen, statt über technisch elaborierte, dafür aber spärliche Stationen zu verfügen.⁹²

Blieb die Bedeutung menschlicher Akteure für das Gelingen von Radar in der bisherigen Forschung zur Frühphase des Mediums weitgehend unterreflektiert, so nahm das notwendige System Design eine ebenso nachgeordnete Stellung ein. Allerdings war es neben der Notwendigkeit menschlicher Interaktion mit der Medientechnik ebenso die Konzeption spezifischer Radarmethoden, die entscheidend für den nachhaltigen Erfolg des Mediums war. So hält David Zimmerman fest:

„The importance of technique, rather than hardware, is often lost in histories of the development of radar. Radar is, however, simply a tool that provides information which is useful only if procedures are developed to allow for a successful interception of an approaching aircraft.“⁹³

Die medienwissenschaftliche Brisanz von Radar erschöpft sich nicht an den materiellen Grenzen des Mediums; sie beginnt dort mitunter erst. Bezeichnend ist, dass eines der ersten britischen Dokumente zur Implementierung von Radar nicht das eigentliche Medium diskutierte: Einer der Initiatoren des britischen Committee for the Scientific Survey of Air Defence – das nach dem Namen ihres Vorsitzenden als Tizard Committee bekannt werden sollte –, Harry Egerton Wimperis, behandelte in seinem ersten praktischen Radarvorschlag vielmehr, wie die mit Radar generierten Daten *Verwendung* finden könnten.⁹⁴ Ebenso wurde die erste britische Radarkonferenz im Oktober 1935 nicht mit Diskussionen um das Design von Radar selbst, sondern um das Design seiner infrastrukturellen Datenpraxis eröffnet. Dort wurde problematisiert, *welche* Radarinformationen in Operations Rooms benötigt würden und *wie* und in *welcher Form* diese dorthin übertragen werden könnten. Diese logistischen Fragen wurden nicht allein von Militärs evaluiert, sondern mit Wissenschaftler:innen besprochen. In diesem Kontext des System Designs von Chain Home war es, dass sich das Operational bzw. Operations Research (OR) im Jahr 1937 formierte, da sich u.a. Edward Christopher Williams und Kollegen nicht

91 Watson-Watt (1945): „Radar in War and in Peace“, 322.

92 Air Ministry (1950) (Hrsg.), *Signals Vol. IV: Radar in Raid Reporting*, 79.

93 Zimmerman (2004): „Information and the Air Defence Revolution, 1917-40“, 370.

94 TNA AIR 2/163, „Note on proposed method of plotting information received from R.D.F. Stations“, 24.09.1935.

mit der Verbesserung der Radargeräte selbst beschäftigten, sondern mit der Optimierung ihrer Infrastrukturierung und Datenlogistik. Knapp 30 Jahre nach Begründung der Disziplin fasste Williams ihren Radarursprung wie folgt zusammen:

„Now [1937] we had to have a name to describe us and what we were doing. The rest of the establishment was engaged on the normal work of research and development and design of radar equipment. We were beginning to find out how best to use them. The term ‚operations‘ has a specific connotation in the Armed Services, and we were now beginning to be concerned with operations.“⁹⁵

Dass das OR im Kontext der Verbesserung der Auswertung von Radardaten entstand, stärkt die These, dass das Dowding System als Novum seinerzeit eine Infrastruktur der Datenprozessierung in Echtzeit etablierte – d.h. etwas, das zunächst konzeptualisiert werden musste. Damit war Radar nicht nur in England, aber dort zuerst, von einer dualen Entwicklung gekennzeichnet: Einerseits waren es Elektroingenieure, die sich der Verbesserung des technischen Geräts widmeten, andererseits Systemdesigner,⁹⁶ die die datenlogistische Prozessarchitektur des Radarnetzwerks und seine Kooperationsbedingungen konzipierten. Es waren Belange der Verwendung von Daten, mithin Aspekte der dem technischen Medium nachgelagerten informatischen Datenpraxis, die für die weitere Entwicklung des Mediums maßgeblich wurden. Datenökonomisch reformuliert wurden im OR die Optionen evaluiert, den größtmöglichen Nutzen aus begrenzten Ressourcen zu ziehen. Es galt, durch nachgelagerte Praktiken etwaig ungenaue Radar-Daten infrastrukturell derart zu optimieren, dass sie sich im militärischen Feld als nutzbringend erweisen konnten. Alles Wissen mag lokal sein⁹⁷ und die singulären Radarstationen von Chain Home orteten Flugzeuge zumindest hinreichend exakt. Es war aber gerade die Problematik des Lokalen, an dem sich das Dowding System bemaß: Prämisse war es, die örtliche Situierung von Daten zu überwinden und ein landesweites Netzwerk der echtzeitlichen Prozessierung zu formalisieren, in dem ebenso Daten landesweit zirkulieren konnten.

95 Williams, Edward Christopher (1968): „The Origin of the Term ‚Operational Research‘ and the Early Development of the Military Work“, in: *Operational Research Quarterly* 19(2), 111-113, 112.

96 Das generische Maskulinum muss verwendet werden, da es Frauen systematisch verwehrt war, zum System Design beizutragen. Als Teil der WAAF waren sie essenzieller Teil des Dowding Systems – nur die Prozessarchitektur mitkonzipieren durften sie nicht.

97 Bowker, Geoffrey C. (2010): „All Knowledge is Local“, in: *Learning Communities: Journal of Learning in Social Contexts* 6(2), 138-149.

Demgemäß hatte sich das zu implementierende britische Radarnetzwerk konsequent in Praxistests zu erproben. Bereits im August 1936 begannen die „Biggin Hill Experimente“.⁹⁸ Diese sollten die künftige Funktionalität und Ausgestaltung der Luftverteidigung auf Radarbasis klären, insofern optimale Prozeduren im Praxistest evaluiert wurden – wohlgemerkt bei simulierten Radarortungen, denn betriebsbereite Radargeräte waren zu diesem Zeitpunkt noch nicht verfügbar. Auch wenn dies in der Retrospektive wenig erstaunen mag, war eine im historischen Kontext epistemologisch nachhaltige Essenz der Praxistests, dass die Qualität der britischen Luftverteidigung eine Konsequenz ihrer zugrundeliegenden Datenpraxis war: Als kritisch für die Infrastruktur erwies sich einerseits die Präzision der vorhandenen Daten über Objekte des Luftraums; andererseits die Schnelligkeit ihrer Verarbeitung und Weiterleitung.

Bereits diese schließlich über zwei Jahre durchgeführten Experimente können als frühe Form des OR angesehen werden, da nicht ein starres, in der Theorie entstandenes Systemkonzept in der Praxis Implementierung erfuhr. Genau umgekehrt kristallisierte sich sukzessive aus der wissenschaftlichen Analyse des simulierten Ernstfalls ein fortwährend optimiertes Systemdesign, welches in der Simulation entdeckte Praxisprobleme bereits prospektiv in der Prozessarchitektur bedachte. In diesem Kontext verfasste Edmund Dixon an der Bawdsey Research Station im April 1938 seine „Suggested Tactical Analysis of Large Scale Air Defence Operations in Relation to RDF“. Diese kann als ein offizielles Gründungsdokument der OR angesehen werden, da – Zitat Dixon – eine „detailed theoretical analysis“⁹⁹ als essenziell für die Praktikabilität der systemisch-echtzeitlich operierenden Luftverteidigung angesehen wurde.

Zur Immaterialität von Radarnetzwerken gehörte im historischen Kontext bspw. die Formatierung, wie Radarplots telefonisch weitergeleitet werden sollten, um sie in Figuren und Plättchen auf zentralen Kartentischen zu übersetzen. Eine materielle Dimension des System Designs stellte eben dieses Plotten dar. Im Folgenden mag dieses als kursorisches Fallbeispiel dienen, die Notwendigkeit und Praxis von System Design an der materiellen Ausgestaltung eines vermeintlich banalen Nebenschauplatzes zu illustrieren.

Bereits im September 1935 begann man sich auf britischer Seite Gedanken über die materielle Formatierung des Plottens zu machen. Einerseits wurden die

98 Vgl. Osborne, Peter (2015): *RAF Biggin Hill. The Other Side of the Bump*, Bromley, 224-243.

99 Zit. n. Zimmerman (2004): „Information and the Air Defence Revolution, 1917-40“, 382. Vgl. weiterhin Kirby, M./Capey, R. (1997): „The Air Defence of Great Britain, 1920-1940: An Operational Research Perspective“, in: *The Journal of the Operational Research Society* 48(6), 555-568.

horizontalen Plotting Tables problematisiert: Als kritisch wurde das manuelle Bestücken des Tisches bei weitgehendem Freihalten für eine uneingeschränkte Draufsicht auf das sich ergebende Bild angesehen.¹⁰⁰ Gelöst wurde dies schließlich durch die zentrale Positionierung der Kartentische in mehrgeschossigen Gefechtsständen (vgl. Abb. 36), die eine architektonische Verdichtung der beteiligten Akteure erlaubte und eine Beobachtung der Luftlagebilder ‚von oben‘ funktionalisierte. Andererseits wurde diskutiert, wie die Radardaten auf diesen Kartentischen zu visualisieren waren. In einem Memorandum vom 24. November 1935 findet sich bereits der Vorschlag, die Datendarstellung auf Basis von „counters on a large horizontal map“ zu praktizieren, welche geometrisch codiert seien und mit weiteren numerischen Werten versehen werden könnten. Diese materielle Formatierung der Datendarstellung entfernter Präsenzen sollte eine ausreichende Frühwarnzeit vor einfliegenden Bombern gewährleisten, wie es hieß:

„As in our new scheme the counters will begin to take up their positions well out to sea, and appear at equal intervals of time, it would be simple for the A.O.C. [Air officer commanding] to deduce the probable landfall and the probable time of arrival. He can then instruct an interceptor squadron to patrol at that place and height (...).“¹⁰¹

Das Plotten der Positionen entfernter Schiffe wurde von der britischen Admiralität schon früher praktiziert. Deshalb wurde die etwaige Möglichkeit der Adaption der damit verbundenen Techniken evaluiert: Nach einem Besuch eines Beteiligten der Bawdsey Research Station im Admiralty Research Laboratory wurde im Oktober 1937 jedoch auf die massiven Differenzen beim Plotten von Schiffen und Flugzeugen hingewiesen. Bei der Marine gestaltete sich das Plotten derart, dass als zentrales Problem galt, die exakte Position eines Schiffes auf Basis des Schiffslogbuchs, Kompasskurses oder anderweitigen Fixpunkten zu identifizieren. Das Plotten des Kurses erfolgte dem nachgelagert schlicht in „form of a simple pencil trace.“¹⁰² Die eher langsame Geschwindigkeit von Schiffen und der Fakt, dass meist nur *ein* feindliches Schiff geplottet wurde, erlaubte den Gebrauch sehr schlichter Plottingverfahren. Über die Anwendbarkeit von Plottingtechniken der Admiralität zu Zwe-

100 TNA AIR 2/1638. Ebenso wurde die „General Co-Ordination of Air Defence“ diskutiert und als Glieder der Ko-Operationskette „Observation, Reporting (or Telling), Plotting, Operations Control, Fighting Instructions“ identifiziert. Der Aufbau der Infrastruktur wurde hierbei als „communications problem of the greatest difficulty“ bezeichnet, TNA AVIA 10/47.

101 TNA AIR 2/1638. „Note on proposed method of plotting information received from R.D.F. Stations“, 24. November 1935.

102 TNA AIR 2/1638, H. S. Young: „Plotting of R.D.F. Observations“, 7. Oktober 1937.

cken der Luftaufklärung hieß es daher resümierend, „it may be said that the Naval problem ends where our begins.“¹⁰³

Eine Darstellung und Beschreibung, wie sich das Plotten bei der britischen Admiralität ausgestaltete und wie es noch in den 1930er Jahren praktiziert wurde, findet sich in Henry W. Ruoffs *Book of the War* von 1918, das eine Chronologie der militärischen Auseinandersetzungen des Ersten Weltkriegs lieferte. Grundlegend zeichnete Ruoff darin das Bild eines per se elektronisch vernetzten Krieges, bei dem Ereignisse zugleich in Daten übersetzt wurden, damit sich ein dupliziertes, symbolisches Bild des Konflikts an einem zweiten, potenziell beliebigen Ort ergab.¹⁰⁴ Allerdings wird in der Quelle explizit, dass die Position entfernter Schiffe lediglich stündlich per Funk nach London gesendet wurde. Die Geschwindigkeit von Flugzeugen machte hingegen ein möglichst kontinuierliches Plotten erforderlich. Dieses konnte zwar im historischen Kontext noch nicht geleistet werden, aber erfolgte immerhin mit sechs Plots pro Minute – d.h. etwa 360 Mal häufiger als noch im Ersten Weltkrieg.

Notwendig wurden zwei Dinge. Das Plotten im Dowding System erfolgte einerseits farbcodiert, sodass die figürlichen Plots auf den Kartentischen einen Zeitindex trugen. Die Farbe der verwendeten Figuren hatte alle fünf Minuten zu wechseln und sämtliche Plots, die älter als 15 Minuten waren, wurden von den Kartentischen entfernt. Zweitens genügte eine symbolische Anzeige der Position einer Flugzeugformation nicht aus und es galt, diese um Flughöhe und die geschätzte Anzahl der per Radar georteten Flugzeuge zu ergänzen.

Da die Zentralisierung von Daten ausgehend von diversen Radarstationen erfolgte, galt es zudem, die einzelnen datengenerierenden und -empfangenden stationären Knoten der Infrastruktur mit Telefonkabeln zu vernetzen und damit zu fixieren. Realisiert wurde ein in den Georaum integriertes Netzwerk, mithin ein „communications net based on buried telephone lines to tie Chain Home together,

103 Ebd.

104 Die Vision der Übersetzung eines Geschehens im verteilten militärischen Georaum in repräsentative Daten eines prototypischen, zentralen Gefechtsstands und damit in ein Kartenwissen findet sich bereits vor Ausbruch des Ersten Weltkriegs. Im Jahr 1909 visionierte Generalfeldmarschall Graf Alfred von Schlieffen das logistische Erscheinungsbild des technisch-medialen Krieges derart, dass es zu einer doppelten Bildlichkeit käme. In seiner romantischen Verklärung des modernen Feldherrn gab es das Bild des militärischen Konflikts zweifach: Am geographischen Ort als dreidimensionales Geschehen im Realen sowie, möglichst in Echtzeit, in seiner repräsentierten Form in sicherer Distanz in einem separierten Kontrollraum, von welchem aus die Befehlsgewalt erfolgte, vgl. von Schlieffen, Alfred (1913): „Der Krieg in der Gegenwart“, in: ders.: *Gesammelte Schriften Band 1*, Berlin, 11-22, insb. 15-16.

and most of the ‚moving parts‘ (...) were human beings“¹⁰⁵ sowie die Plots und Tracks der Luftlagebilder. Waren Radarstationen, Telefonleitungen und Operations Rooms fest im Raum verankert, waren die Daten der Luftlage durch ihre Mobilität gekennzeichnet.

Insgesamt erwiesen sich die „operational limitations“¹⁰⁶ der Dateninfrastruktur in der Praxis des Zweiten Weltkriegs als mitunter massiv. Unter Bedingungen eines mäßigen Aufkommens von Flugzeugen konnten Plots mit einer Genauigkeit von 70% gefiltert werden. Ein hohes Flugzeugaufkommen überstieg hingegen die Grenze der Prozessierungskapazität der menschlichen Akteure und es war gängige Praxis, in Gebieten eines massiven Einflugs die Meldungen – d.h. die Datenzentralisierung – einzustellen. Außerdem war das Dowding System zwar eine erste Infrastruktur der Datenprozessierung in annähernder Echtzeit, allerdings eben nur *annähernd*. Deshalb korrespondierten die auf Kartentischen visualisierten Luftlagen nie mit der tatsächlichen Luftlage, sondern mit einer zwischen einer und fünf Minuten *vergangenen*. Daher wurde für künftige Radarsysteme bereits im historischen Kontext zusehends von der Implementierung menschlicher Software abgesehen. Das zeigt sich an der tendenziell mobilen infrastrukturellen Installation des US-amerikanischen Radars in Europa im Zweiten Weltkrieg, dessen Operations Rooms als wegweisend für das Setting der Kontrollräume des späteren SAGE gelten dürfen.¹⁰⁷

Die zahlreichen Mensch-Maschine-Kooperationen des Dowding Systems, die enge Kopplungen und eine möglichst kontinuierliche Kommunikation unter den beteiligten Akteuren ausprägten, wurden nicht allein technisch formatiert. Sie wurden durch OR wissenschaftlich analysiert. Deshalb erstaunt es nicht, dass die Methoden zur Analyse und Formalisierung der Feuerleitung und Luftverteidigung wesentlich zur Begründung der Kybernetik beitragen sollten. Diese untersuchte die Performanz der Regelungstechnik und Nachrichtenübertragung als solche – gleich, ob von Menschen oder Maschinen ausgeführt – und hinterfragte damit die Grenzen zwischen Hard-, Soft- und Wetware vollständig.¹⁰⁸ Friedrich-Wilhelm Hagemeyer verweist darauf, *dass* und *wie* Radarforschung das Systemdenken ihrer beteiligten Akteure beeinflusste. Das ließe sich auch daran sehen, dass das Zen-

105 Boslough, David L. (1999): *When Computers Went to Sea. The Digitization of the United States Navy*, Los Alamitos et al., 18.

106 Bowden (1947): „Radar in the RAF Fighter Command“, 228.

107 Vgl. Zimmerman, C. L. (1947): „The U.S. Tactical Air Commands“, in: Ridenour (Hrsg.), *Radar Systems Engineering*, 229-238, 234.

108 Vgl. zu diesem Motiv bereits titelgebend das kybernetische Grundlagenwerk Wiener, Norbert (1948): *Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine*, Cambridge, MA.

trum für Kybernetik und Informationstheorie in den USA der 1950er Jahre – das Research Laboratory of Electronics (RLE) am MIT – 1946 aus der Division of Basic Research des Ende 1945 geschlossenen MIT Radiation Laboratory (Rad Lab) gebildet wurde.¹⁰⁹ Da das Rad Lab theoretische wie praktische Radarforschung institutionalisierte, steht es programmatisch für eine wissenschaftliche Umgebung, in welcher sich Strukturen für die Lösung nachrichtentechnischer Probleme ausbilden konnten. Jene Strukturen wurden im RLE angewandt, nicht mehr radarspezifische, sondern allgemeine elektronische Probleme zu lösen. Im Gegensatz zu kapitalistischen Industrieforschungslaboren – für welche neben der Technikinnovation vornehmlich die Patentproduktion im Fokus steht, um Forschung zu kapitalisieren¹¹⁰ – sind Labore wie das RLE Orte, an welchen Theorieproduktion strukturell erleichtert wurde. Norbert Wiener, Claude Shannon, Dennis Gabor, Colin Cherry, Jerome Wiesner oder Peter Elias gehörten zu den Personen, die für eine gewisse Zeit am RLE beschäftigt waren.¹¹¹

System Design blieb nicht auf Prozessarchitekturen im infrastrukturellen Maßstab beschränkt. Ebenso entfaltete es Wirkmächtigkeit auf der Ebene der technischen Geräte selbst. Radar als Technologie markierte einen Paradigmenwechsel in der Konstruktion technischer Medien, die fortwährend komplexere Prozessarchitekturen wurden – bestehend aus diversen Modulen und Sub-Architekturen –, die nunmehr durch eine Systemorientierung gekennzeichnet waren. So hieß es bspw. 1945 seitens der Bell Labs programmatisch in Bezug auf die einzelnen Komponenten und Schaltungselemente von Radar, diese seien „designed to meet its functional part of the system’s operation. The interconnection is engineered so that the integration of the operations of the individual elements produces the desired system performance.“¹¹² Dieses integrative Design der gesamten Systemperformanz statt einer Priorisierung einzelner Bauteile tangierte wesentlich die Anfänge elektronischer Automatisierung. Denn es war Intention, menschliche Feedbackakteure in integrierten Radarsystemen – den „human servomechanism“¹¹³ – maschinell zu ersetzen. Demgemäß verortet David Mindell die Wurzeln

109 Hagemeyer, Friedrich-Wilhelm (1979): *Die Entstehung von Informationskonzepten in der Nachrichtentechnik. Eine Fallstudie zur Theoriebildung in der Technik in Industrie- und Kriegsforschung*, Dissertation, Berlin, 214.

110 Vgl. Taha, Nadine (2012): „Patent in Action. Das US-amerikanische Patent aus der Perspektive der Science and Technology Studies“, in: *Zeitschrift für Medienwissenschaft* 4(1), 36-47.

111 Hagemeyer (1979): *Die Entstehung von Informationskonzepten*, 214.

112 Kelly (1945): „Radar and Bell Laboratories“, 246.

113 Mindell, David A. (2000): „Automation’s Finest Hour: Radar and System Integration in World War II“, in: Agatha C. Hughes/Thomas P. Hughes (Hrsg.), *Systems, Experts, and*

eines „Systems Approach“ und „Automation’s Finest Hour“ in den Praxisgemeinschaften von Ingenieuren und Wissenschaftlern, die sich während des Zweiten Weltkriegs mit Feuerleitproblemen und -anlagen beschäftigten.¹¹⁴ In einer Fallstudie, die beim US-amerikanischen Radartechniker Ivan Getting ansetzt, rekonstruiert er den Beginn, Feuerleitanlagen statt als Assemblagen vermeintlich separater Glieder – Radar, Menschen, FLAK, analoge Rechenmaschinen – konzeptuell als integrierte Systeme zu betrachten. Die beteiligten Akteure, schreibt Mindell, „learned to engineer the entire system’s behavior from the beginning, rather than just connecting individual, separately-designed components.“¹¹⁵ Neben der thematischen, personalen und institutionellen Spezifität der Fallstudie ist Mindells Argument entscheidend: Ein ganzheitliches Verständnis von Systemen emergierte zunächst in einem ingenieurwissenschaftlichen Spezialbereich – der Beschuss per Radar georteter Flugzeuge –, in welchem die Performanz von Systemen wissenschaftlich reflektiert wurde; später wurde dieses Verständnis zum allgemein akzeptierten systemtheoretischen Paradigma auch anderer Disziplinen. Demgemäß kann das Systemdenken des Radars als implizite Computer Science verstanden werden. Diese beschäftigt sich im Unterschied zum Computer Engineering mit der nicht-materiellen, d.h. der logischen, informatischen Seite des Computings.¹¹⁶ Die Emergenz des System Designs aus der Praxistheorie des Radars kann als nachhaltiger Effekt der medientechnischen Operationalisierung des Delays von Radiowellen gelten. Nunmehr wurden nicht mehr einzelne Komponenten priorisiert – „seien diese Artefakte, Personen und Zeichen, oder technische Objekte, Praktiken und Wissensformen“¹¹⁷ –, sondern prospektiv sämtliche Bestandteile eines Systems in eine ganzheitliche Struktur integriert.

Computers: The Systems Approach in Management and Engineering, World War II and After, Cambridge, MA., 27-56, 30.

- 114 Ebd. Mechanische Analogcomputer für die Automatisierung der Feuerleitung sind kein Novum des Radars. Aufgrund der durch Radar ermöglichten Maximierung der Ferndetektion verschärfte es jedoch die Praxis der Feuerleitung. Für eine Übersicht mechanischer Analogcomputer im Kontext von „fire control“, d.h. der Feuerleitung zur u.a. Zielberechnung siehe Clymer, A. Ben (1993): „The Mechanical Analog Computers of Hannibal Ford and William Newell“, in: *IEEE Annals of the History of Computing* 15(2), 19-34; hierzu ebenso die Quelle Boyce, Joseph C. (1947) (Hrsg.), *New Weapons for Air Warfare. Fire-Control Equipment, Proximity Fuzes, and Guided Missiles*, Boston.
- 115 Mindell, David D. (1996): „*Datum for its Own Annihilation*“: *Feedback, Control, and Computing, 1916-1945*, Dissertation, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, 377.
- 116 Vgl. Gorokhov, Vitaly (2006): „The Historical Development of Radar Science and Technology as the Prelude to the Modern Information Revolution“, in: *Icon* 12, 168-189.
- 117 Schüttpelz, Erhard (2006): „Die medienanthropologische Kehre der Kulturtechniken“, in: *Archiv für Mediengeschichte* 6, 87-110, 91.