

einer elektromagnetischen Verzeitlichung des Georaums zu Zwecken der Navigation beteiligt, die sich im GPS fort schreibt.

Radarindustrie

Was gängige Radargeschichten meist verschweigen, sind vier Dimensionen des Mediums. Wie ich bereits schilderte, war es in den ersten Jahren des Mediums der kritische Anteil menschlicher Praxis, der für das Gelingen von Radarortungen entscheidend war. Zweitens war es das notwendige System Design, das ein Denken in Netzwerken der Daten-Übertragung und -Prozessierung evozierte, das den Praxiserfolg von Radar garantierte. Drittens war es die praktische Varianz der Radartechnik, die nicht nur zur Flugzeuglokalisierung verwendet wurde, sondern auch Implementierung in Infrastrukturen der Navigation erfuhr. Und viertens, wie ich im Folgenden darlegen will, war es eine eigenständige elektronische Industrie, die durch Radar begründet wurde. D.h. einerseits wurde die institutionalisierte Erforschung, andererseits die massive Produktion von Radargerät im großen Maßstab finanziert und praktiziert.

Radar unterschied sich quantitativ vom Forschungs- und Produktionsumfang sämtlicher elektronischer Medien zuvor. Ein medienhistorisches Desiderat stellt dies insofern dar, als dass die Analyse der Anfänge der Radarproduktion ebenso die Ursprünge dessen zu identifizieren hilft, was später in digitalen Medienkulturen münden sollte. Schließlich muss – auch wenn dies zunächst banal klingt – das elektronische Equipment, das wiederum die Grundlage digitaler Medienkulturen darstellt, erst im industriellen Umfang erforscht, modularisiert, prototypisiert, verbessert, standardisiert usw. werden – und nicht zuletzt auch produziert. Die institutionellen und epistemischen Strukturen sowie finanziellen Ressourcen zur Initiierung einer solchen Elektroindustrie erweisen sich als verwoben mit den Anfängen des Radars. Radar prägte eine Quantität in der Produktion elektronischer Medien aus, die vormals unbekannt war und damit einen qualitativen Wechsel darstellte. Der Fokus liegt im Folgenden auf dem US-amerikanischen Radar, da die Produktion seiner zugrundeliegenden Elektrotechnik dort im historischen Kontext extensiver praktiziert wurde als in anderen Ländern – zumindest nachdem ein apparativer Technologientransfer aus England stattfand.

Nachdem sich die Radarkette Chain Home sowie das Dowding System in England zum Ausbruch des Zweiten Weltkriegs nicht im perfekten, aber doch funktionalen Zustand befand, fokussierte die Radarforschung dort auf die Implementierung von Bordradar in Flugzeugen. Einerseits wurden dafür Radarantennen notwendig, die klein genug waren, um sie an Flugzeugen anzubringen; andererseits mussten diese Radioimpulse unter einer Wellenlänge von 1,5 m aussenden, um

einen zumindest hinreichend scharf gerichteten Radarstrahl zu generieren. Es war in diesem Kontext, dass in England 1940 das ‚multicavity magnetron‘, das s.g. Hohlraummagnetron entwickelt wurde, welches leistungsstarke Zentimeterwellen zu produzieren imstande war. Der Leiter des britischen Committee for the Scientific Survey of Air Defence, Henry Tizard, überzeugte Winston Churchill, dieses neue epistemische Ding der Radarforschung in einem Akt von Technologietransfer und Form der Wissenschaftskooperation in die USA zu überführen. Diese Gesandtschaft, bekannt geworden als „Tizard Mission“,¹⁵⁹ erreichte die USA im September 1940 und besuchte dort bspw. das Naval Research Laboratory. Die Mission wirkte wie ein Katalysator für die US-amerikanische Radarforschung. So bescheinigte Vannevar Bush dem in einer unscheinbaren schwarzen Box mitgeführten Magnetron, es sei „the most valuable cargo ever brought to our shores“.¹⁶⁰

Die britische Mission machte in den USA konkrete Vorschläge für die Ausrichtung der künftigen Radarforschung, bspw. wurde die Entwicklung eines Mikrowellenradars vorgeschlagen. Noch 1940 wurde in den USA das Microwave Committee als Teil des National Defense Research Committee gegründet und es wurde die Einrichtung eines eigenen Instituts zur Radarentwicklung beschlossen. Das Massachusetts Institute of Technology (MIT) willigte ein, die Verantwortlichkeit der Administration eines solchen Vorhabens zu übernehmen. Dort wurde im November 1940 das Radiation Laboratory gegründet. Dieses Rad Lab sollte letztlich 62 Monate bestehen: anfangs mit lediglich 40, zum Kriegsende mit knapp 4.000 Mitarbeitenden.¹⁶¹ An dieser massiven Personalsteigerung lässt sich bereits ablesen, wie stark die Institutionalisierung der wissenschaftlichen Radarforschung in den USA priorisiert und forciert worden war.

Es war dieses ‚Strahlungslabor‘,¹⁶² das maßgeblich für die US-amerikanische Radarindustrie werden und Formen vollumfänglicher elektronischer Grundlagenforschung ausprägen sollte. Von der am Rad Lab stattgefundenen Arbeit zeugt eine nahezu einzigartige Form der Selbstdokumentation: die nach Kriegsende publizierte 28-bändige *Radiation Laboratory Series*. Bereits die Titel der Reihe geben anschauliches Zeugnis davon, womit sich Radarforschung im historischen Kontext beschäftigte. Die ingenieurtechnische Entwicklungsarbeit hatte sich dezidiert *nicht*

159 Hierzu vertiefend Zimmerman, David (1996): *Top Secret Exchange: The Tizard Mission and the Scientific War*, Montreal.

160 Zit. n. Hagen (2018): „Sunday Soviets und Blackett’s Circus“, 252.

161 Ridenour, Louis N. (1947): „Wartime Radar Development in the United States“, in: ders. (Hrsg.), *Radar System Engineering* (MIT Radiation Laboratory Series 1), New York, 15-17, 17.

162 Im November 1940, d.h. vor den verheerenden atomaren Strahlen des Atombombenabwurfs, war es nicht anstößig, ein wissenschaftlicher Labor derart zu benennen.

auf Radar allein zu beschränken, sondern es galt, sämtliche erforderlichen elektronischen Grundlagen, Schnittstellen, Schwingungseigenschaften usw. gemäß des erwähnten modularen System Designs mitzuberücksichtigen. Genannt seien hierfür programmatisch neben dem Band 1 der Serie, *Radar System Engineering*, die Bände *Pulse Generators*, *Microwave Magnetrons*, *Microwave Transmission Circuits*, *Waveguide Handbook*, *Microwave Duplexers*, *Vacuum Tube Amplifiers*, *Waveforms*, *Electronic Time Measurements*, *Cathode Ray Tube Displays*, *Theory of Servomechanisms* oder *Computing Mechanisms and Linkages*.

Während des Bestehens des Rad Lab erreichte Radar den Status einer eigenständigen Industrie. Bereits im initialen Jahr des Labors wurde in den USA ein Budget von 25.000.000\$ für Radarproduktion investiert.¹⁶³ „The growth of radar industry, which scarcely existed before 1940“, so urteilte Louis N. Ridenour vom Rad Lab in der Retrospektive, lasse sich auch anhand anderer Zahlen belegen: Bis zum Juni 1945 wurde Radarequipment im Wert von rund 2.700.000.000\$ an die US Army und Navy ausgeliefert; zu diesem Zeitpunkt wurde in den USA monatlich Radargerät im Wert von über 100.000.000\$ produziert¹⁶⁴ – dies entspräche heute rund 1.745.000.000\$. Das US-amerikanische Unternehmen Western Electric allein produzierte nach eigenen Angaben im Kriegsjahr 1943 Radargerät im Wert von 340.000.000\$; im Zweiten Weltkrieg insgesamt Radargeräte im Wert von annähernd 900.000.000\$.¹⁶⁵ „[T]he technical achievement represented by the wartime development of radar“, so führte Ridenour weiter aus, „seems very nearly unparalleled.“¹⁶⁶ Radarindustrie, die eine „new industry“ war und noch wenige Jahre zuvor nicht existierte, hatte sich derart rapide entwickelt, dass sie zum Kriegsende die Industrie eines Signums des *american dream* überholt hatte: die Automobilindustrie¹⁶⁷ – von der industriellen Fertigung anderer Medien wie Radios oder Fernseher ganz zu schweigen.

Besonders ist das auch deshalb, weil die Produktion von Radar unter erschwerten Bedingungen stattzufinden hatte. Die Sonderstellung von Radar war Konsequenz seines Status als Kriegstechnik. Die neue „billion-dollar industry“ war „surrounded by a wall of secrecy“,¹⁶⁸ weshalb sie im Geheimen stattfinden musste

163 Kelly (1945): „Radar and Bell Laboratories“, 223.

164 Ridenour (1947): „Wartime Radar Development in the United States“, 17.

165 Lack, Frederick R. (1945): „Radar and Western Electric“, in: *Bell Telephone Magazine* 24(4), 283-294, 284.

166 Ridenour (1947): „Wartime Radar Development in the United States“, 17.

167 Das schrieb L.A. DuBridge in einer Selbsthistorisierung der Forschung des Rad Lab (1946): „History and Activities of the Radiation Laboratory of the Massachusetts Institute of Technology“, in: *Review of Scientific Instruments* 17(1), 1-5, 3.

168 Baxter (1946): *Scientists Against Time*, 142.

und nicht an ein großes Netzwerk privater Unternehmen mit eigenen Produktionsstätten ausgelagert werden durfte. Nur wenige Firmen bekamen das Privileg der Produktion zugesprochen. Im Falle des US-amerikanischen Radars war dies zum Großteil die für die Bell Telephone Company tätige Western Electric Inc.¹⁶⁹ Dementsprechend nahmen die Bell Labs und Western Electric eine zentrale Stellung hinsichtlich des US-amerikanischen Radars ein: Dort fand die industrielle Prototypisierung und Produktion der Apparaturen und Module statt, für welche das Rad Lab die Grundlagenforschung betrieb. Dabei wurde eine Vielzahl elektronischer Komponenten konstruiert, prototypisiert, verbessert und schließlich standardisiert, darunter u.a. Magnetrons, Oszillatoren, ‚Pulse Power Tubes‘ und Verstärkerröhren. Damit wirkte sich die Radarproduktion entschieden positiv auf die Bell Labs aus, wie 1945 dargelegt wurde:

„Bell Laboratories was a major contributor of new electronic devices of almost all varieties which determined the speed of radar’s advance. During the 1940-1945 period, the Laboratories designed and standardized some 175 different electronic devices essential to radar. Western [Electric] supplied them in large quantity. The dollar volume of their deliveries exceeded \$100,000,000; almost twice the dollar volume of all electronic devices manufactured for Bell System use from 1915 to 1940.“¹⁷⁰

Im Gegensatz zu anderen technischen Medien war beim Radar das Zeitfenster zwischen der Entwicklung und breiten Verwendung in der Praxis aufgrund der Dringlichkeit der Weltkriegssituation minimal. Das brachte für die produzierenden Betriebe die Komplikation mit sich, dass ihr Personal nicht ausreichte und massiv aufgestockt werden musste. Das Personal der Produktionsstätten der Bell Laboratories wurde im Vergleich zu den Vorkriegsjahren verdoppelt; „integrating tens of thousands of new, untrained workers into a unit of long and specialized experience“¹⁷¹ war dabei dahingehend problematisch, als dass eine mindestnotwendige elektronische Expertise für die Produktion erfordert wurde, die bei den Produzierenden jedoch zunächst nicht vorhanden war. Entdeckte die kulturwissenschaftlich orientierte Medienforschung jüngst die kritische Frage nach den Rohstoffen

169 Diese produzierten mehr als die Hälfte des US-amerikanischen Radargeräts, siehe Kelly (1945): „Radar and Bell Laboratories“, 223. Zur Firmengeschichte von Western Electric vgl. Adams, Stephen B./Butler, Orville R. (1999): *Manufacturing the Future: A History of Western Electric*, Cambridge; Iardella, Albert B. (1964) (Hrsg.), *Western Electric and the Bell System. A Survey of Service*, New York.

170 Kelly (1945): „Radar and Bell Laboratories“, 247.

171 Anonym (1945): „Radar: A Story in Pictures“, in: *Bell Telephone Magazine* 24(4), 256-282, 278.

der Medien, ihren Liefer- und ökonomischen Wertschöpfungsketten für sich,¹⁷² müsste in einem notwendigerweise folgenden Schritt darauf fokussiert werden, *wie* diese Rohstoffe zu Medien wurden. D.h. *wo* Materialien zu Modulen verarbeitet und diese Module zu technischen Medien zusammengebaut, gelötet, verschaltet usw. wurden – und *wer* dies unter welchen (mitunter prekären) Bedingungen zu leisten hat und hatte.¹⁷³ Im Jahr 1941 – dem Jahr, in dem die USA im Dezember in den Zweiten Weltkrieg eintraten – waren über 20% des Personals von Western Electric Frauen. Im August 1944, als das Personal von Western Electric 97.416 betrug, hatte sich der Anteil von Frauen auf 60% erhöht. Dabei war die Zahl männlicher Angestellter nahezu gleich geblieben. Dementsprechend wurden fast ausschließlich Frauen *neu* eingestellt, die Radargeräte in Fabriken zu produzieren hatten (vgl. Abb. 39). Radar als vermeintlich rein technisches Gerät trägt mithin irreduzible Genderaspekte, die Radar als massenmediale Apparatur bedingen.

172 Vgl. Parikka, Jussi (2015): *A Geology of Media*, Minneapolis et al.

173 Eine historische Production Study des US-amerikanischen Radars wäre aufgrund der vorhandenen Quellen höchst lohnenswert. Aufgrund der Erfordernisse des Kriegs wurde in kurzer Zeit implementiert, was unter Friedensbedingungen ungleich länger gedauert hätte. Deswegen ist dies ausführlicher dokumentiert worden, als dies der Fall gewesen wäre, wenn sich Neuerungen derart langsam realisieren, dass sie nicht mehr neu erscheinen – und dementsprechend nicht reflektiert werden. Seitens Western Electric wurden daher Komplikationen, die sonst eher historisch rekonstruiert werden müssen, bereits im Kontext expliziert. Dies betraf bspw. die Problematik der Vielzahl der Einzelteile von Radargeräten; wie diese geliefert wurden; wo diese zusammengebaut wurden; wer dies beruflich tat; wie Module standardisiert wurden; die Bedeutung von Zulieferern; die Wichtigkeit von Prüf- und Testverfahren usw., vgl. Lack (1945): „Radar and Western Electric“, 283-294.



Abbildung 39: Arbeiterinnen montieren Radarmodule in einer Radarfabrik. Konkret handelte es sich um Bordradare für das Präzisionsbombardement durch Langstreckenflugzeuge des Typs Boeing B-29.

„Radar appears different to the eyes of each beholder“, hielt man von Seiten von Western Electric fest:

„To the fighting man of World War II, it was a weapon of imperative necessity. The public saw it as a dark miracle wrought by the magic of science. To the manufacturer, radar was an overwhelming complexity of intricate peace-parts. (...) It is only by thinking in terms of these numerous and varied piece-parts, and the many individual manufacturing processes behind each one, that the true perspective of the Western Electric radar project begins to emerge.“¹⁷⁴

Manche Radargeräte bestanden aus bis zu 7.000 Einzelteilen, die miteinander verschaltet werden mussten (vgl. emblematisch Abb. 40). Und so profund die Vorteile des Magnetrons für praktische Radarbelange auch gewesen sein mögen, musste auch dieses zunächst produziert werden. Das Hohlraummagnetron, so schrieb man seitens Western Electric, sei besonders aufwendig zu produzieren. Eines seiner Bestandteile sei nicht größer als ein Fingerhut, erfordere aber 58 verschiedene Operationen zu seiner Produktion.¹⁷⁵

174 Lack (1945): „Radar and Western Electric“, 283-294, 287.

175 Vgl. ebd.

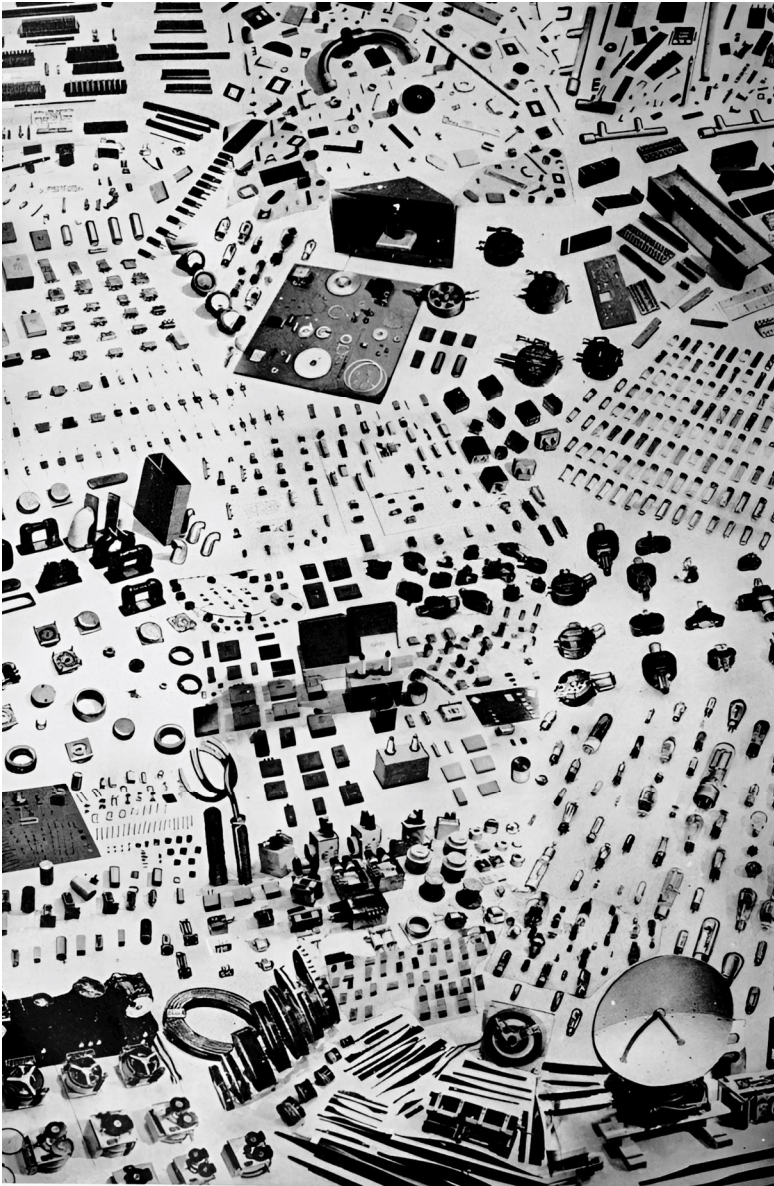


Abbildung 40: Einzelteile eines Radargeräts. Die Bildunterschrift der Quelle lautet: „A Manufacturer's-Eye View of Radar“, womit auf die heterogenen Bedeutungen von Radar für unterschiedliche Akteure hingewiesen wurde. Im Sinne der Radarproduktion waren Radare zu- vorderst ein Konglomerat kleinteiliger, zu verbauender Bestandteile dessen, was in der Praxis als Black Box Funktionalität entfalten konnte. Radar bedeutete in diesem Kontext vor- nehmlich eines: Handarbeit.

Allein der Bedarf an geeigneten Spulen stieg durch die extensive Radarproduktion während des Zweiten Weltkriegs quasi exponentiell an. Western Electric richtete für ihre Produktion eine provisorische Spulen- in einer ehemaligen Schuhfabrik in Haverhill, MA, ein, die binnen kürzester Zeit eine Belegschaft von 2.000 Personen aufwies. Insgesamt eröffnete Western Electric 16 neue Fabriken, um die Produktion der gesteigerten Nachfrage an Radarmodulen anzupassen. Dies führte aufgrund des Zeitdrucks – wie schon im Fall der Schuhfabrik – mitunter zur zweckentfremdenden Einrichtung von Produktionsstätten:

„Ex-garages, warehouses, engine-parts plants – almost any building with a roof that did not leak, or which had one that could be repaired – qualified as a radar shop if the community could provide people enough to staff it with workers. By the war’s end the Company’s [Western Electric] total manufacturing space had increased to 329 acres.“¹⁷⁶

Der Faktor Zeit war dabei in mehrfacher Weise kritisch. Mit einem Fokus auf Produktionszeiten insofern, da sich während der Kriegsjahre die Radarforschung so rapide entwickelte, dass es nicht das eine ideale Radar gab, sondern eine Vielzahl variierender Ausfertigungen – je nach aktuellem Stand der verwendeten Frequenzen und Wellenlängen. Zwischen 1940 und 1945 wurden in den Bell Labs über 200 verschiedene Radar-Prototypen entwickelt und konstruiert. Dabei sah sich die Radarproduktion fortwährend mit dem Problem konfrontiert, dass aufgrund des extremen Forschungstempos ein aktuell getesteter Prototyp schon während seiner Testphase aus technischer Perspektive veraltet erscheinen konnte.¹⁷⁷

Von besonderer Bedeutung war es für Western Electric, über möglichst viele Subunternehmen zu verfügen, um die Produktion einzelner Module größtmöglich an Zulieferer auszulagern. Trotz der kriegsgeheimen Produktion von Radar war dies erlaubt, da mitunter Bauteile gebraucht wurden, die nicht spezifisch für Radar waren. Zu diesem Zweck wurden über 6.000 Hersteller elektronischer Geräte im Umkreis jeder größeren Western Electric-Produktionsstätte geprüft, um festzustellen, welche technischen Bauteile diese produzierten. Aufgrund der erheblichen Modularisierung von Radargeräten – damit diese von ungelernten Arbeiter:innen zusammengebaut werden konnten – stellte sich heraus, dass scheinbar radarferne Hersteller durchaus geeignete Module zu liefern in der Lage waren:

„A manufacturer of slot machines, for example, turned out a light-weight precision antenna for an air-borne radar. The manufacturer of cabinets to house the radar which controls the

176 Ebd., 289.

177 Kelly (1945): „Radar and Bell Laboratories“, 251.

firing of the biggest guns on the heaviest battleships was formerly a maker of metal clothes lockers. The precision antenna drive for a large ground radar came from a maker of laundry machinery. A producer of pots and pans made tail sections for the bomb-shaped radar carried beneath the wings of air fighters. The metal frame for this same radar came from the shop of a bicycle manufacturer in Chicago. Finely made mechanical parts came, surprisingly enough, from a nationally known cereal firm, which maintains a precision machine shop for the peacetime production of packaging machinery.“¹⁷⁸

Radarindustrie wurde zum Modell für strukturell erfolgreiche „coordination“ und „cooperation“¹⁷⁹ in der Herstellung ungeheurer Mengen an elektronischem Gerät. Radar evozierte mithin nicht nur eine Elektrotechnisierung der Kriegsführung, sondern eine massive Steigerung der elektronischen Produktion insgesamt. Damit stellte die Radarindustrie eine wesentliche strukturelle Grundlage für die Herstellung an elektronischen Geräten dar, die in den darauffolgenden Jahrzehnten zur Produktion anderer technischer Objekte genutzt werden konnte. Der Effekt von Radar(produktion) für spätere Medien(kulturen) ist damit essenziell auch jenseits der konkreten Radartechnologie vorhanden. Es sollte sich eine 1945 geäußerte Vision bewahrheiten, die aufgrund ihrer epistemischen Nachhaltigkeit in Bezug auf die Wahrnehmung der kulturellen Implikationen von Radartechnologie erstaunt. Radarproduktion habe die Grenzen der Möglichkeiten in Bezug auf Elektrotechnik neu gesetzt und werde damit indirekte Alltagsrelevanz entfalten, wie man darlegte:

„The biggest influence radar will have after the war is indirect. The thousands of man-years which have gone into the improvement of the detailed components which make up a radar set (...) have made obsolete many of our prewar ideas about what could and could not be done in electronics. Furthermore, radar has made the electronic industry one of America's major ones, now comparable in size to the prewar automobile industry. This new industry, through its enormous laboratories, can be expected to find innumerable applications in a wide variety of fields. (...) Altogether, it is fair to say that radar, as radar, will have a mild immediate beneficial effect on all our lives, by making it safer to travel by sea or by air. But the impact on electronics generally of techniques developed during the war because of radar will have profound and far-reaching effects on the shape of our daily life.“¹⁸⁰

178 Lack (1945): „Radar and Western Electric“, 290-291.

179 Kelly (1945): „Radar and Bell Laboratories“, 254.

180 Joint Board on Scientific Information Policy (1945): *Radar. A Report on Science at War*, Washington, D.C., 50.

Das Rad Lab am MIT bestand insgesamt nur 62 Monate – es wurde zum Jahresende 1945 geschlossen. Es hatte aber strukturell nachhaltige Auswirkungen auf die Formatierung zukünftiger Medienkulturen und ihrer Produktion. Und es war institutionell nachhaltig. Das 1951 ebenfalls am MIT gegründete Lincoln Laboratory steht in seiner Tradition und mit Ivan Getting und Louis Ridenour waren zwei für das Rad Lab zentrale Persönlichkeiten Fürsprecher seiner Einrichtung. Im Lincoln Laboratory wurde die umfassende elektronische Radar-Grundlagenforschung, die ebenso das Design von Interfacetechnologien mitbedachte, fortgeführt – allerdings nur noch bedingt im Kontext von Radar. Das Lab leistete zentrale Pionierarbeit für den Whirlwind-Rechner und das SAGE; ebenso für Programme von Computergraphiken, die eine bildschirmbasierte Mensch-Computer-Kommunikation qua bidirektionalem Interface etablierten wie Ivan Sutherlands „Sketchpad“.¹⁸¹ Dieses entstand 1963 und liegt außerhalb der historischen Rahmung dieser Arbeit, verschärft jedoch die epistemische Tragweite des originären Rad Lab zur Etablierung von elektronischer Grundlagenforschung und Forschungs Kooperation. Außerdem bestärkt es exemplarisch die These, dass es die Radarforschung und -industrie der 1940er Jahre war, die für die Grundlegung elektrotechnisierter Medienkulturen wegbereitend werden sollte.

Binarität: Radar als Impulstechnik

Definitionen von Radar fallen komplizierter aus, als man es zunächst vermuten würde. So versuchte sich der Radarpionier Watson-Watt 1945 an einer Zusammenfassung, die sämtliche möglichen praktischen Implementierungen von Radartechnik mitberücksichtigte:

„So in practical life radar is a group of techniques which enable the position of one object among many to be measured by radio means, involving essentially the measurement of relative time-delays and thence the total paths or difference of paths, in the travel of suitably labelled radio waves between the object to be located and the radio station or stations (which may be transmitting, receiving or receiving-and-retransmitting stations) which provide reference points for the location.“¹⁸²

Den Grund für die potenzielle Heterogenität praktischer Radarimplementierungen lieferte Watson-Watt mit: Die tendenzielle Universalität des Radars sei durch die

181 Vgl. hierzu Sutherland, Ivan (2012): „The TX-2 Computer and Sketchpad“, in: *Lincoln Laboratory Journal* 19(1), 82-84.

182 Watson-Watt (1945): „Radar in War and in Peace“, 319.