

LORAN: Navigation

Die praktischen Unbestimmtheitsspielräume der Radartechnologie erlaubten zudem eine Infrastrukturierung, die sich vom Format von Chain Home oder dem späteren SAGE unterschied – und damit einen eigenständigen Typus „Radar“ begründete. Eine grundlegende Typisierung von Radar kann hierbei auf Basis eines historischen Akteurs vorgenommen werden: Bereits Watson-Watt wies zwar auf die Schwierigkeiten hin, Radar einer trennscharfen Definition zu unterziehen, differenzierte dieses dennoch in drei Klassen. Zum einen sei dies Radar „which does not require the co-operation of the object to be located“, d.h. die aktive Ortung eines Objekts auf Basis des Delays eines Radioimpulses. Als zweite Kategorie identifizierte er Radar mit „small measure of co-operation“, namentlich durch einen Transponder seitens des georteten Objekts – d.h. das zuvor geschilderte IFF-Verfahren: „The responder sends back, when interrogated by radar pulses, reply pulses on a different wave-length (...) coded with information about the ‚personal identity‘ of the craft carrying the responder“.¹³⁶ Zur dritten Klasse zählte er Techniken der Radarnavigation, die Objekte des Georaums nicht als potenzielle Reflektoren von Radarimpulsen interpretierten: „Radar navigation does not depend essentially on the return of an echo, amplified or unaltered, from the craft to be located.“¹³⁷ Solche Verfahren der Radarnavigation basierten nicht auf der Delay-Messung eines Radarimpulses, sondern auf dem relativen Delay beim bordseitigen Empfangen von synchronisiert ausgesendeten Signalen *mehrerer* Bodenstationen. Praktiziert wurde dies mit elektromagnetischen Navigationssystemen wie dem Oboe (*Observer Bombing Over Enemy*), Gee, Rebecca-Eureka oder LORAN.¹³⁸ Aufgrund der Anzahl an Nutzenden und der globalen Netzabdeckung seinerzeit, widme ich im Folgenden dem Loran, um – nach dem Radar in seiner Funktion zur Ortung und Fernidentifikation – jenen dritten Typus des Mediums kursorisch zu beleuchten.

Während des Zweiten Weltkriegs wurden unterschiedliche Systeme der Radar- bzw. Radionavigation implementiert – in den USA das Loran. Dieses basierte, wie das heutige GPS, auf dem zeitversetzten Empfang von ursprünglich an mindes-

136 Watson-Watt (1945): „Radar in War and in Peace“, 323-324.

137 Ebd., 324.

138 LORAN steht als Akronym für *Long Range Navigation* bzw. *Long Range Aid to Navigation*. Im Folgenden verwende ich die Schreibweise „Loran“. Für eine umfangreichere Darstellung von Loran, als dies hier gegeben werden kann, auch im Vergleich zu anderen Infrastrukturen der Radionavigation, siehe Rankin, William (2016): „Inhabiting the Grid: Radionavigation and Electronic Coordinates, 1920–1965“, in: ders.: *After the Map: Cartography, Navigation, and the Transformation of Territory in the Twentieth Century*, Chicago, Ill., 205-252.

tens drei örtlich bekannten Stationen synchronisiert ausgesendeten Signalen (vgl. Abb. 37 und 38). Auf Basis des relativen Delays beim Empfangen jeweils zweier Signale – welches in Abhängigkeit der eigenen relativen Geoposition zu den Sendestationen stand –, konnte die eigene Position auf dem Globus bestimmt werden. Für die Navigation mit Loran waren vier Dinge erforderlich: Ein Loran-kompatibler Radioempfänger; ein Radarbildschirm; eine Loran-Karte; und medienpraktische Expertise, wie die eigene Position auf Basis dieser drei technischen Komponenten ermittelt werden konnte.

Die eigene Geoposition wurde durch eine Kombination von Bildschirmoperation und Referenzierung auf einer Loran-Karte ermittelt. Zunächst galt es, auf einer Kathodenstrahlröhre, d.h. einem Radarbildschirm, die Signale eines Paares an Loran-Sendern als unterschiedliche Blips zu visualisieren, anschließend manuell zur Deckung zu bringen und ihre Amplituden anzugleichen. Dadurch konnte die relative Verzögerung im Empfang beider Signale auf dem Bildschirm abgelesen und eine erste s.g. Hyperbel ermittelt werden. Anschließend galt es, das Verfahren mit den ausgesendeten Impulsen eines anderen Paares an Loran-Stationen zu wiederholen. Die eigene Position korrelierte schließlich mit dem Schnittpunkt beider Hyperbeln auf einer Loran-Karte. Diese Praxis der Loran-basierten Selbstverortung nahm circa drei Minuten in Anspruch.¹³⁹

139 Einen Einblick in die technische Expertise, die notwendig war, um mit Loran zu navigieren, geben Bedienungsanleitungen aus dem historischen Kontext wie bspw. Command of the Air Council (1944) (Hrsg.), *Loran Airborne Equipment (AN/APN4). Operator's Manual of Instruction*, TNA AIR 10/4170.

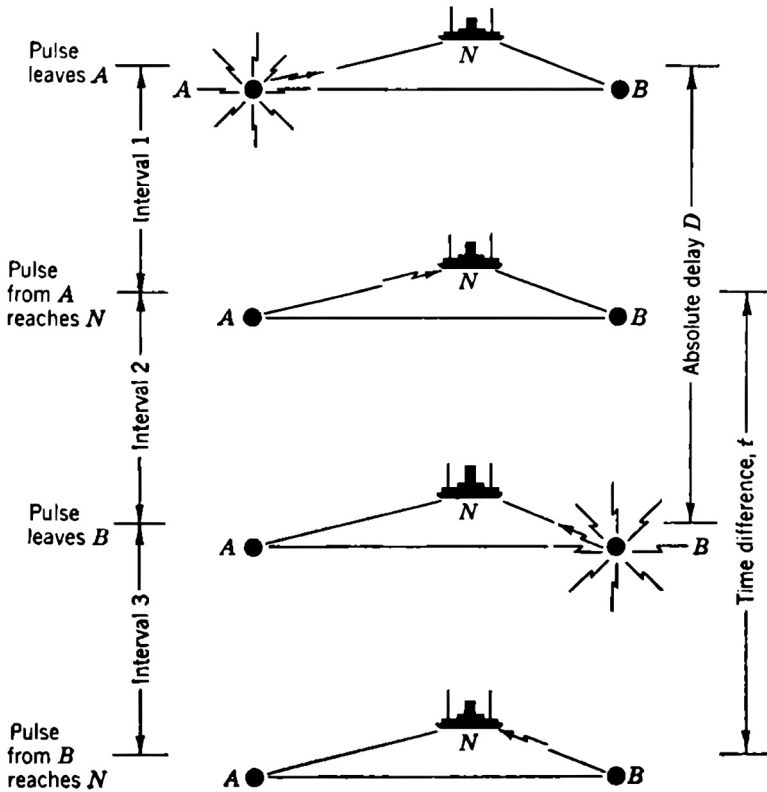


Abbildung 37: Funktionsprinzip von Loran: Station „A“ sendet einen Impuls, der nach einer gewissen Verzögerung das navigierende Ziel „N“ und eine Station „B“ erreicht, welche daraufhin wiederum einen Impuls sendet. Dieser zweite Impuls erreicht „N“ ebenso mit einem räumlich bedingten Delay. Aus dem zeitversetzten Empfang beider Impulse konnte die eigene Position mittels manueller Bildschirmoperation ermittelt und auf einer Karte auf einer Hyperbel identifiziert werden.

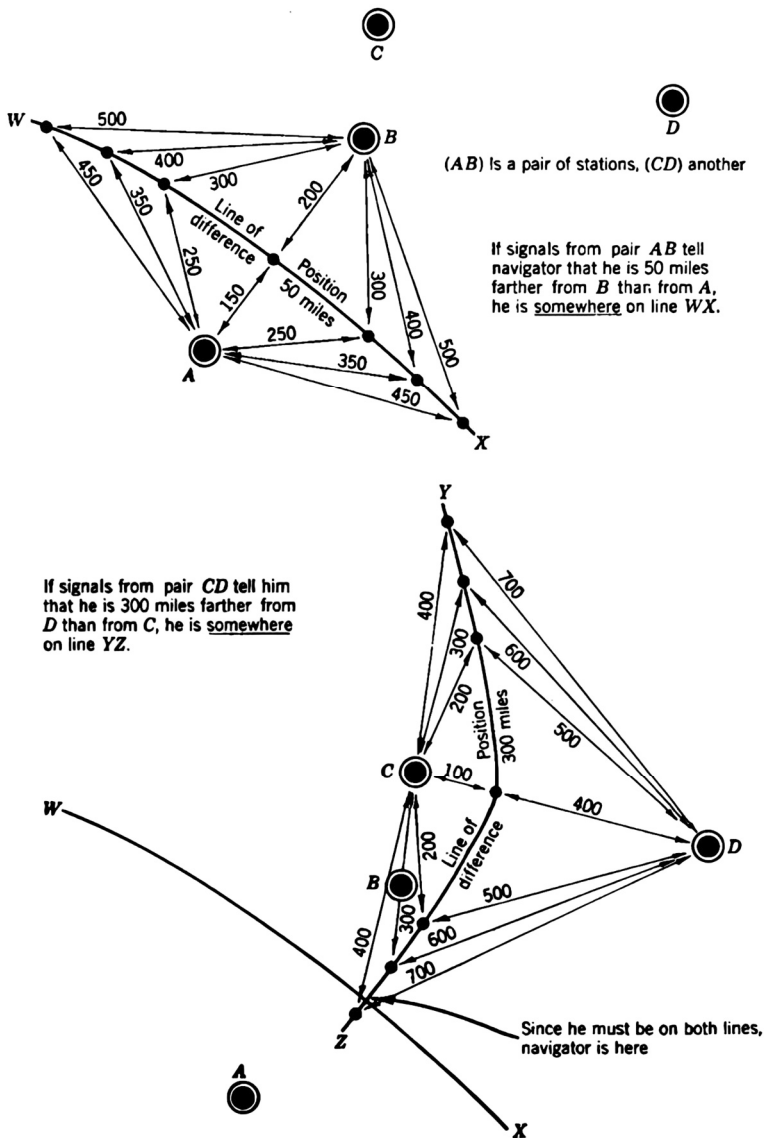


Abbildung 38: Die Medienpraktik zur Ermittlung einer Hyperbel auf einer Loran-Karte wurde anschließend mit einem zweiten Paar an Loran-Sendern wiederholt. Die eigene Geoposition korrelierte schließlich mit dem Schnittpunkt beider Hyperbeln auf der Karte.

Das Prinzip dieses Navigationssystems wurde im Oktober 1940 vom Vorsitzenden des US-amerikanischen Microwave Committee, Alfred Lee Loomis, vorgeschlagen.¹⁴⁰ Seit 1941 führte die Radiation Laboratory Navigation Group die hierfür erforderlichen Forschungsarbeiten durch. Im Juni 1942 fanden erste Tests mit zwei Sendestationen in Montauk auf Long Island und in Fenwick Island in Delaware statt.¹⁴¹ Einsatzfähig wurde Loran im Frühjahr 1943, als Karten für die ersten vier bis dato errichteten Loran-Sendestationen erstellt wurden. Waren zu diesem Zeitpunkt lediglich rund 40 Schiffe der US-Marineflotte mit Empfangsgeräten für Loran ausgestattet, waren es zum Ende des Zweiten Weltkriegs bereits sämtliche relevanten Schiffe der US-Marine und die Schiffe der britischen Royal Navy; seit Mitte des Jahres 1944 wurden Loran-Empfänger zudem in Flugzeugen integriert.¹⁴² Zu diesem Zeitpunkt war die Senderkette um europäische Stationen in Island, den Färöer Inseln, den schottischen Hebriden und Shetlandinseln sowie weitere Stationen u.a. auf Hawaii, den Phoenixinseln und im indischen Bundesstaat Assam erweitert worden.¹⁴³ Zum Ende des Zweiten Weltkriegs waren 70 Loran-Sendestationen in Betrieb, die global insgesamt 60 Millionen Quadratmeilen – d.h. insgesamt rund 30% der Erdoberfläche – mit einem elektromagnetischen Navigationsnetz überzogen. Zu diesem Zeitpunkt waren 75.000 Loran-Empfänger ausgeliefert worden und das US Hydrographic Office hatte über 2 Millionen Karten für die Navigation mit Loran-Hyperbeln distribuiert.¹⁴⁴

Im Gegensatz zum damaligen deutschen Radionavigationsverfahren „Sonne“, später „Consol“ genannt – das auf Kreuzpeilung basierte und raumkritisch angelegt war –, operierte Loran, ebenso wie das britische Gee, explizit zeitkritisch auf Delaybasis. Ihnen galt die Maxime: „Pulse transmission is preferred“.¹⁴⁵ Einerseits erlaubte diese eine leichtere Identifizierung sendender Stationen im Vergleich zu Systemen mit kontinuierlichen Wellen. Andererseits vereinfachte diese die Delay-

140 Baxter, James Phinney (1946): *Scientists Against Time*, Boston, 151.

141 Vgl. United States Department of Commerce, Civil Aeronautics Administration (1949) (Hrsg.), *LORAN (Long Range Navigation)* (Bulletin No. 7), Washington, D.C., 1.

142 Halford, J.H./Davidson, D./Waldschmitt, J.A. (1948): „History of Loran“, in: J.A. Pierce/A.A. McKenzie/R.H. Woodward (Hrsg.), *Loran* (MIT Radiation Laboratory Series 4), New York, 19-51, 28.

143 Eine Auflistung sämtlicher Loran-Stationen im historischen Kontext findet sich in Pierce/McKenzie/Woodward (Hrsg.), *Loran*, 419-424.

144 Pierce, J. A. et al. (1948): „Preface“, in: Pierce/McKenzie/Woodward (Hrsg.), *Loran*, ix-x, ix. Allein im April 1945 wurden über 230.000 Loran-Karten vom US Hydrographic Office verbreitet, Halford/Davidson/Waldschmitt (1948): „History of Loran“, 41.

145 Pierce, J.A. (1947): „Hyperbolic Systems“, in: John S. Hall (Hrsg.), *Radar Aids to Navigation* (MIT Radiation Laboratory Series 2), New York, 56-60, 56.

messung. Loran spannte mithin einen *electromagnetic space* auf, der in mikrotemporalen Ökonomien operierte, da es galt, Delays von 20.000 Mikrosekunden mit einer Genauigkeit von $\pm 1/2$ Mikrosekunde zu messen. Interessant ist das Verfahren, wie ihm auch William Rankin bescheinigt,¹⁴⁶ weil es die Bedeutung von Radartechnologie jenseits der originären Intention der Frühwarnung vor feindlichen Flugzeugen im potenziell zivilen Kontext der Radionavigation aufzeigt. Damit ist Loran mehr als ein Nebenschauplatz der Radarentwicklung. Es ist Teil einer Geschichte der elektromagnetischen Verzeitlichung geographischer Räume auf Basis von Delay zum Zwecke der zielgerichteten Wegfindung, die sich in heute ubiquitären Medientechnologien globaler Satellitennavigationssysteme wie dem GPS fort schreibt.

Entscheidend für die Praktikabilität von Loran war nur bedingt das radar-technische Equipment. Wie das Rad Lab betonte, waren es kartographische Repräsentationen der derart aufgespannten elektromagnetischen Räume, die notwendig wurden und die es aufwendig zu berechnen und zu erstellen galt: „The labor involved in computing these lines of position is so large that several hundred thousand man-hours have already been spent in the construction of Loran charts and tables.“¹⁴⁷ Loran als technologisches und bildschirmbasiertes Navigationsverfahren machte Landkarten also nicht obsolet, sondern die Produktion neuen Kartenmaterials erforderlich: von Karten, die nun kartierten, was zuvor nicht verzeichnet worden war. Loran-Karten, die den geographischen Raum gemäß Differenzen von Delays mit Linien durchzogen, visualisierten, dass sich Navigation auf Basis zeitkritisch operierender Mediensysteme nicht nach Landesgrenzen richtet, sondern in Signalmräumen statthat. Loran stellte mithin ein Navigationssystem kartenbasierter Verortung dar. Es unterschied sich aber von klassischen Verfahren kartenbasierter Navigation dahingehend, dass es Medien feingerasterter Zeitmessung verwendete (Bildschirme) und sich medienpraktisch als ‚screen operation‘ ausgestaltete, wie sie für postmoderne Navigation konstitutiv ist.

Bereits vor Loran gab es elektromagnetische Verfahren der Positionsbestimmung zur Navigation. Davon zeugt das bereits 1922 veröffentlichte Buch *Direction and Position Finding by Wireless*.¹⁴⁸ Diese Verfahren waren jedoch auf die aktive Involvierung von Personal in lokalisierenden Bodenstationen angewiesen.¹⁴⁹ Über die Vorteile von Loran hieß es von Seiten des Rad Lab daher, dass „no correlation

146 Rankin, William (2014): „The Geography of Radionavigation and the Politics of Intangible Artifacts“, in: *Technology and Culture* 55(3), 622-674, insb. 626.

147 Pierce (1947): „Hyperbolic Systems“, 59.

148 Keen, Ronald (1922): *Direction and Position Finding by Wireless*, London.

149 Hierzu Rankin (2014): „The Geography of Radionavigation“, 636.

between the activities of the navigators and those of the operators of the transmitters“¹⁵⁰ erforderlich sei. Dadurch war es möglich, dass eine potenziell unbegrenzte Anzahl von Teilnehmer:innen an Loran partizipieren konnte. Das System operierte seitens der Empfänger:innen so passiv wie das GPS heutzutage. Es galt, Signale von Bodenstationen ausschließlich zu empfangen, was Navigierenden ein größtmögliches Maß an Freiheit in den derart aufgespannten elektromagnetischen Räumen der Loran-„navigable world“¹⁵¹ zugestand, wie von Seiten des Rad Lab betont wurde: „the behavior of the system does not depend upon whether one or ten or thousands of navigators are making use of the service it provides.“¹⁵²

Keines der um 1950 insgesamt existierenden terrestrischen Radionavigationsysteme – die sich als technisch, funktional, aber auch medienpraktisch heterogen erwiesen – führte direkt zum späteren satellitengestützten GPS als einem navigatorischen Standard. Trotzdem kann Loran in einer medienepistemologischen Lesart als dessen genealogischer Vorfahre gelten.¹⁵³ Es spannte elektromagnetische Impulsräume im tendenziell globalen Maßstab auf, die zeitkritisch generierte Aussagen über georäumliche Positionen in ihrem Abdeckungsbereich zuließen. Positionsbestimmung war medienpraktisches Resultat elektromagnetischer Übertragungen geworden, da sonische Verzögerungen zum zeitkritischen Messinstrument avancierten und – wie im Falle von Echolot, Sonar oder Radar – Übertragungszeiten rekursiv Übertragungsräume bestimmten. Diese temporale, geomediale Selbstreflexivität von Übertragungen zugunsten von Positionsbestimmungen wurde am Rad Lab expliziert. Dort hielt man grundlegend fest, „[t]he primary fact upon which Loran is based is that the transmission time taken by a radio pulse to travel over a distance measures the distance.“¹⁵⁴ Dementsprechend wurde als Einheit für Loran-Berechnungen 983,24 Fuß (das entspricht 299,69 m) als vorteilhaft erachtet. Nicht, weil dies eine leicht zu merkende Zahl wäre, sondern da dies der

150 Pierce (1947): „Hyperbolic Systems“, 60.

151 Halford/Davidson/Waldschmitt (1948): „History of Loran“, 40.

152 Pierce (1947): „Hyperbolic Systems“, 60.

153 Aus medienpraxeologischer Perspektive müsste diesem Attest widersprochen werden. Die Integration von Loran-Empfängern machte in der Praxis umfangreiche Schulungen notwendig, damit das technische Equipment überhaupt genutzt werden konnte, vgl. Halford/Davidson/Waldschmitt (1948): „History of Loran“, 45–49. Während die GPS-Navigation durch die automatisierte Ermittlung der Standortkoordinaten und ein Paradigma intuitiver Interfaces gekennzeichnet ist, erforderte Loran eine technische Professionalisierung der Navigierenden. Dies zeigt sich auch in der Rhetorik von „operator“ statt „user“: Das technische Equipment verlangte nach fähiger Bedienung statt schlichter Nutzung.

154 Sitterly, B.W. (1948): „Principles of Loran“, in: Pierce/McKenzie/Woodward (Hrsg.), *Loran*, 52–106, 52.

Entfernung entspricht, die ein elektromagnetischer Impuls binnen einer Mikrosekunde durchquert. Daher durfte mit dieser Einheit im Sinne praktischer Belange der Navigation gelten: „distance is numerically equal to transmission time“.¹⁵⁵

Das indexikalische Verhältnis der Zeitlichkeit und Räumlichkeit von Radiowellen wurde navigatorisch produktiv. Auf Basis des Zeit-Raum-Regimes elektromagnetischer Delays war es möglich geworden, nicht nur andere Objekte zu lokalisieren, sondern die *eigene* Position auf der Erdoberfläche zu bestimmen. Elektromagnetische Praktiken der Positionsbestimmung waren in den 1930er Jahren, wie erwähnt, auf die aktive Involvierung zweier Bodenstationen nach dem Prinzip der Kreuzpeilung angewiesen. Dies limitierte die Möglichkeit von Positionsbestimmungen quantitativ. Andererseits gaben navigatorische Infrastrukturen auf Radiobasis, wie die des US-amerikanischen „beam flying“,¹⁵⁶ lediglich vorab definierte Routen vor. Dahingegen gewährte Loran seinen Navigierenden eine Autonomie in zweifacher Weise: Die Anzahl potenzieller Teilnehmer:innen war unbeschränkt (zumindest nach der Freigabe für die zivile Nutzung nach dem Zweiten Weltkrieg) und es wurden keine statischen Wege vordefiniert.

Wird von Navigations-Historiker:innen meist eine Diskontinuität von terrestrischer zur Satelliten-Navigation betont, zeigt sich, dass diese für einen Fokus auf die der Infrastruktur zugrundeliegenden Signalprozesse weniger entscheidend ist. Gleich ob Signale von GPS-Satelliten oder Loran-Bodenstationen ausgesendet werden: Bei beiden ist das zeitkritische Delay die entscheidende Größe der Selbstverortung. In Bezug auf postmoderne Navigation sind es vier Dimensionen von Loran, die als ‚obligatorische Passagepunkte‘¹⁵⁷ für künftige radiobasierte Navigationssysteme gelten durften: 1.) Navigation wurde bei Loran auf Basis von ‚screen operations‘ ausgeführt, wodurch bereits ein bildschirmbasiertes ‚visual regime of navigation‘¹⁵⁸ zu identifizieren ist; 2.) Navigierende verwendeten passives technisches Equipment, das allein empfangt, ohne aktiv zu senden; 3.) Navigierenden wurde eine tendenziell unbegrenzte Bewegung im Signalraum der Infrastruktur zugestanden; 4.) Loran basierte auf Signallaufzeiten und ist damit irreduzibel an

155 Ebd.

156 Vgl. Kear, F.G./Jackson, W.E. (1930): „Applying the Radio Range to the Airways“, in: *Bureau of Standards Journal of Research* 4, 371-381. Als Forschungsliteratur mit Fokus auf die US-amerikanische Post vgl. Lehrer, Henry R. (2014): *Flying the Beam. Navigating the Early US Airmail Airways, 1917-1941*, West Lafayette.

157 Vgl. zum Begriff Callon, Michel (1986): „Some Elements of a Sociology of Translation. Domestication of the Scallops and the Fishermen of Saint Brieuc Bay“, in: John Law (Hrsg.), *Power, Action and Belief. A new Sociology of Knowledge?*, London, 196-233, 205.

158 Vgl. Verhoeff, Nanna (2012): *Mobile Screens: The Visual Regime of Navigation*, Amsterdam.

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