

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 Computergrafiken, 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 Forschungscooperation. 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.

verwendeten Impulstechniken erreicht worden. Hierzu muss man sich das grundlegende Prinzip von Aktivradar vergegenwärtigen. Beim Impulsradar wird der Sender derart moduliert, dass er sehr kurze, ausreichend starke Radioimpulse aussendet. In der Zeit zwischen den Impulsen fungiert die Radarantenne als bloßer Empfänger für etwaige Echos, die entsprechend der Position potenzieller Reflektoren im Raum mit geringerer oder größerer Verzögerung wieder dort eintreffen. Entsprechend des Ortungsradius einer Radarstation wird der nächste Impuls ausgesendet, wenn „echoes from the most distant objects of interest“¹⁸³ angelangt sind. Dies bedeutete im Rückschluss für die Technik des Radars, dass sie sich an der Geschwindigkeit von Radiowellen bemessen musste. Gemäß Lichtgeschwindigkeit entspricht das Delay einer Radiowelle von einer Mikrosekunde einer räumlichen Entfernung von circa 300 m. Von Seiten des Rad Lab wurde – unter Berücksichtigung, dass es sich beim Radar um Echos handelt, d.h. jeweils doppelte Wegstrecke – eine Ortungsgenauigkeit von 5 m gefordert, wie es bereits in den 1940er Jahren technisch möglich war. Demgemäß widmete sich das Rad Lab Impulsen mit Längen zwischen 0,03 und 5 µs (Mikrosekunden, also millionstel Sekunden), d.h. Impulsen eines Zeitmaßes zwischen 0,00000003 und 0,000005 Sekunden.¹⁸⁴

Während der originären Radarexperimente des Teams um Watson-Watt wurden Impulslängen von etwa einer halben Millisekunde verwendet. Bereits bei diesen wurde die Notwendigkeit deutlich, dass künftig für eine exakte Lokalisierung von Flugzeugen „a very drastic shortening“¹⁸⁵ der Impulsdauer erzielt werden musste. Dadurch wurde – wieder in den Worten Watson-Watts – „a ‚squaring‘ of the pulse shape“ erforderlich, um Echos als solche deutlich und zeitlich exakt zu identifizieren: „A sharp leading edge was vital to accurate range-finding; a long trailing edge was fatal to echo separation.“¹⁸⁶ Radar erforderte die ‚Erfundung‘ elektromagnetischer, mikrotemporaler Impulse, d.h. hinsichtlich ihrer zeitkontinuierlichen Visualisierung: der Rechteckwelle. Für deren Erzeugung gab es im historischen Kontext noch keine adäquaten elektronischen Module. Dies bedeutete für den Anbeginn von Radartechnik eine zentrale Arbeitsaufgabe: „it had to be developed.“¹⁸⁷ Die Anforderung an den Radar-Ortungsimpuls wurde bereits 1937 derart formalisiert, dass 90% seiner Maximalamplitude binnen einer Mikrosekun-

183 Ridenour (1947): „How Radar Works“, 3.

184 Glasoe, G.N. (1948): „Introduction“, in: G. N. Glasoe/J. V. Lebacqz (Hrsg.), *Pulse Generators* (MIT Radiation Laboratory Series 5), New York, 1-17, 2.

185 Watson-Watt (1945): „Radar in War and in Peace“, 320.

186 Ebd.

187 Ebd.

de erreicht werden und der Impuls anschließend binnen zweier Mikrosekunden auf 1% dieser Maximalamplitude zurückfallen sollte.¹⁸⁸

Bisherige Betrachtungen von Schwingungsverläufen, „previous treatment of waveforms“ – schrieb Frederic Calland Williams vom Rad Lab 1949 in der Retrospektive über die kritischen Anfängen der Radarforschung –, beschränkten sich vornehmlich auf Sinuswellen und die verschiedenen Manipulationen, die auf ihnen durchgeführt werden konnten: Addition, Subtraktion, Verstärkung, Modulation und Demodulation in Amplitude, Frequenz und Phase. Grundlegendes Konzept und methodisches Vorgehen des Buchs, welches die elektronische Forschungsarbeit des Rad Lab zur Erzeugung und zeitlichen Manipulation von Spannungen dokumentierte – der Band *Waveforms* der *Rad Lab Series* – sei es daher, „to make a clean break with the traditional approach. (...) The waveforms that will be considered are not sine waves, but square waves, pulses, and even more complicated shapes.“¹⁸⁹ Damit verkündete Williams nicht weniger als einen radarepistemischen ‚new approach‘ für das prozessarchitektonische Design von Elektrotechnik. Als das Radiation Laboratory im Herbst 1940 initiiert wurde, um Grundlagenforschung für das US-amerikanische Militär mit Radar im Mikrowellen-Bereich zu betreiben, stellte sich als ein grundlegendes Problem der Mangel an elektrotechnischem Gerät zur Erzeugung leistungsstarker Impulse heraus, wie Watson-Watt es zuvor ebenso für die britische Situation berichtete. Die Erfordernisse des Radars – nämlich hohe Impulsstärke, kurze Impulsdauer und eine hohe Wiederholungsfrequenz der Impulse – machten die Entwicklung neuer Impulstechniken notwendig, wie man am Rad Lab darlegte: „Besides the improvement of existing techniques, it was necessary to devise entirely new methods and to design new components to provide satisfactory pulse generators for radar applications.“¹⁹⁰ Und nicht nur die Radarortungen verlangten nach adäquater Impulstechnik; auch die ‚indicating‘

188 So hieß es von Seiten der britischen Bawdsey Research Station, Bawdsey Manor, Woodbridge, Suffolk, TNA AIR 2/1969: „R.D.F. Chain“, 9. Mai 1937.

189 Williams, Frederic C. (1949): „Basic Concepts and the Method of Approach“, in: Britton Chance/Vernon Hughes/Edward MacNichol/David Sayre/Frederic C. Williams (Hrsg.), *Waveforms* (MIT Radiation Laboratory Series 19), New York, 8-16, 8. Diese radikale Abkehr von kontinuierlichen Wellen im Kontext von Radar findet sich pointiert beim Pionier der Ionenforschung Edward Appleton: „We must picture the radio-waves as travelling from the sender to the reflecting object and back with a definite, known speed. If, therefore, we can time them on their journey to and fro, we can measure the distance travelled and so find the distance of the object from the observing station. The first question, therefore, is: Can we measure the time of travel using continuous waves?—the answer is definitely No.“ Appleton, Edward (1945): „The Scientific Principles of Radiolocation“, in: *Journal of the Institution of Electrical Engineers* 92(57), 340-353, 342.

190 Glasoe, G. N./Lebacqz, J. V. (1948): „Preface“, in: dies. (Hrsg.), *Pulse Generators*, ix-x, ix.

und ‚ranging circuits‘ brauchten diese, wenngleich mit weitaus geringerer Spannung. Demgemäß kann es nicht verwundern, dass das Rad Lab nicht allein dem Design des technischen Geräts zur Impulserzeugung gehaltvolle Aufmerksamkeit widmete, sondern ebenso dem anvisierten Design der Impulse selbst – nämlich wenn diese als Funktionen der Zeit gedacht wurden. Programmatisch dafür mag das folgende Zitat aus dem Band *Pulse Generators* der *Rad Lab Series* sein. Trotz seiner Länge wird es hier vollständig wiedergegeben, da in ihm eine buchstäbliche Schärfung von Wellenformen zugunsten einer größtmöglich binär-diskreten Formatierung vorgenommen wurde:

„In its broadest aspects, the term ‚pulse duration‘ is the time during which a voltage or current maintains a value different from zero or some other initial and final value. The term ‚pulse shape‘ is used to refer to the form obtained when the pulse amplitude is plotted as a function of time. When referring to such a plot, it is convenient to discuss the details of a particular pulse shape in terms of the ‚leading edge‘, the ‚top‘, and the ‚trailing edge‘ of the pulse. If a pulse of voltage or current is truly rectangular in shape, that is, has a negligible time of rise and fall and is of constant amplitude for the intervening time interval, the pulse duration is simply the time elapsed between the deviation from and the return to the initial value. The term ‚negligible time‘ is, of course, relative and no strict boundaries can be attached. For most practical purposes, however, if the rise and fall times for a pulse are about a tenth or less of the pulse duration, the pulse is considered substantially rectangular.“¹⁹¹

Kritisch für Radar sollte die Rechteckwelle, d.h. die Begrenzung kontinuierlicher Schwingungen auf zwei eindeutig voneinander unterscheidbare Zustände werden. Rechteckimpulse konnten dabei durch unterschiedliche elektrotechnische Operationen erzeugt werden. Eine Möglichkeit bestand in der intendierten Überladung eines Verstärkers, wobei das nicht-lineare Verhalten von Elektronenröhren ausgenutzt wurde (vgl. schematisch in Abb. 41). Diese Nichtlinearitäten wurden vormals als Defekt von Röhren interpretiert, wie das Rad Lab betonte, aber im Kontext der Erzeugung von Rechteckschwingungen kam dieser Eigenschaft wesentliche Bedeutung zu. Dabei wurde das lineare Verhalten einer Röhre größtmöglich begrenzt, um zu möglichst steilen Impulsflanken zu gelangen, d.h. die Linearität wurde mit einem phantasmatischen Grenzwert $\lim \Delta t \rightarrow 0$ definiert:

„The shorter the linear part, in terms of grid voltage, the steeper the sides [of the rectangular wave] will be; the ideal would be to reduce it to zero. In this example the nonlinear charac-

191 Glasoe, G. N. (1948): „Parameters Fundamental to the Design of Pulse Generators“, in: Glasoe/Lebacqz: *Pulse Generators*, 1-5, 2.

teristic is regarded as having abrupt transitions between separate linear states rather than as a continuous nonlinear curve.¹⁹²

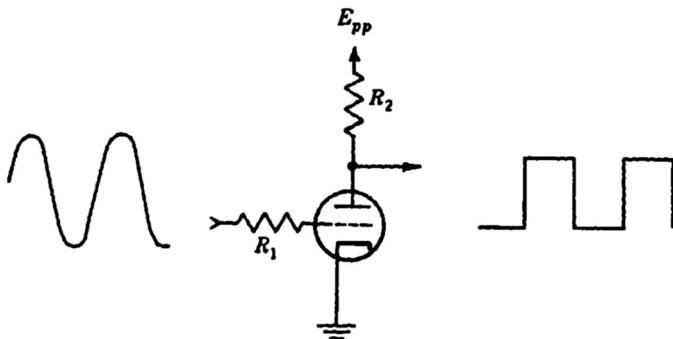


Abbildung 41: Erzeugung einer Rechteckwelle durch Begrenzung des linearen Verhaltens einer Elektronenröhre. Abgesehen von der konkreten Elektronik zur Erzeugung von Rechteckwellen, ist das Prinzip emblematisch für den durch Radar evozierten Paradigmenwechsel und buchstäblichen Zeitenbruch in der Behandlung von Wellenformen: Aus dem kontinuierlichen Schwingungsverhalten von Wellen galt es, durch elektrotechnische Operationen Diskontinuitäten zu erzeugen.

Der Zweck dieser möglichst steilen Impulsflanken ergab sich aus der Praxis des Radars: Sie waren konsequentes Resultat des Zeit-Raum-Regimes elektromagnetischer Delays. Einerseits haben Radiowellen eine immense Geschwindigkeit, andererseits mussten Radarortungen möglichst exakt sein, um bspw. für Flugabwehrkanonen Ergebnisse von praktischer Relevanz zu erzielen. Dabei führten unscharfe Impulsflanken zu temporalen, mithin geographischen Unbestimmtheitsräumen. Zwischen Signal und Rauschen konnte nicht deutlich differenziert werden, wenn Echos nicht eindeutig als solche detektiert werden konnten bzw. wenn nicht klar war, wann ein Grundrauschen endete und ein Echosignal begann – entsprechend konnte anschließend die Entfernung zu einem georteten Objekt nicht exakt ermittelt werden. Notwendigerweise mussten die Impulse von Radarortungen diesen ‚Ungewissheitsspielraum‘ zwischen Nicht-Impuls und Impulsmaximum tunlichst vermeiden. In zeitlinearisierter Darstellung ergab sich damit eine binär-diskrete Erscheinung von Impulsen, die sich scharf auf zwei eindeutig voneinander abgrenzbare Zustände zu beschränken hatten: Rechteckwellen (vgl. Abb. 41 rechts).

192 Glasoe, G. N. (1948): „Line-type Pulsers“, in: Glasoe/Lebacqz: *Pulse Generators*, 8-12, 10.

Das Rauschen des Realen, d.h. die Linearitäten des kontinuierlich Analogen, galt es zu vermeiden, um Unschärfe aus den Ortungen zu extrahieren. Radar als Medientechnik, die in geographischen, mithin analogen Umwelten agierte, operierte dadurch grundlegend in der symbolischen Ordnung diskreter Werte. Kontinuität, das Kennzeichen des Analogen, galt es größtmöglich zu limitieren. Radar übersetzte analoge Umwelten in wertdiskrete, binäre Zustände aufgrund wiederum binärer Ortungsimpulse. Oder um Worte des Rad Lab zu verwenden: es ist „essential that the nonlinear component [of radar] should comprise separate linear states and not exhibit continuous nonlinearity over any considerable range of operation.“¹⁹³ Dass sich das Rad Lab mit der Erzeugung von diskontinuierlichen Wellenformen beschäftigte, lag am Radar als einem genuin zeitkritischen Medium. Denn aus zeitkritischer Perspektive sind Diskontinuitäten besser voneinander unterscheidbar als kontinuierliche Spannungsverläufe. Diskontinuierliche Wellen, so das Rad Lab,

„are useful primarily in *timing* applications because a definite instant in time can be associated much more accurately and unequivocally with the moment of ‚abruptness‘ in such waveforms than with any portion of a ‚smooth‘ waveform. Speed, relative of course to the time scale being used, is therefore a most valuable property of such waveforms.“¹⁹⁴

Die Signalgrundlage des Radars nahm damit eine deutliche Kontur an. Radar konnte als Wahrnehmungstechnologie nur dann zu einer ‚Rationalisierung der Sicht‘¹⁹⁵ führen, wenn ein binäres Schema appliziert wurde, das sich dadurch auszeichnete, Präsenzen im Raum möglichst scharf von Nicht-Präsenzen zu unterscheiden. Radar basierte mithin logisch und technisch auf einem binären Prinzip. Daran erinnerte auch Harry Stockman in seinem Aufsatz „Communication by Means of Reflected Power“ von 1948: „In the conventional radar application, the return from the target carries the information that the target exists. In the simplest case, therefore, the radar receiver response indicates a ‚yes‘ or ‚no‘.“¹⁹⁶ Diese binäre Logik von Radarortungen fand ihr Äquivalent im Binären der technischen Grundlage.

193 Glasoe, G. N. (1948): „Method of Approach“, in: Glasoe/Lebacqz: *Pulse Generators*, 15-16, 16.

194 Sayre, David (1948): „Generation of Fast Waveforms“, in: Glasoe/Lebacqz: *Pulse Generators*, 159-204, 159.

195 „Radar is the best example of the rationalization of sight in the twentieth century“, da Radar allein Positionen lokalisieren und Farbe oder Form des Georteten vernachlässige, schreibt Lev Manovich diesbezüglich (1993): „The Mapping of Space: Perspective, Radar, and 3-D Computer Graphics“, <http://manovich.net/content/old/03-articles/01-article-1993/01-article-1993.pdf>, 17.10.2022.

196 Stockman, Harry (1948): „Communication by Means of Reflected Power“, 1196.

Zum Maß an Exaktheit einer Radarortung wurde ein Denken im Binären, das auf einer elektrotechnischen Basis möglichst steiler Impulsflanken fußte.¹⁹⁷ Was dies bezüglich während der Macy-Konferenzen nach dem Zweiten Weltkrieg ausgiebig diskutiert wurde – die Differenzierung und Charakterisierung des Analogen und Digitalen¹⁹⁸ –, wurde hier bereits vor jener Metawissenschaft Kybernetik elektrotechnisch praktiziert und diskutiert. Eine Epistemologie digitaler Kulturen, die ihrem elektrotechnischen Unterbau gerecht werden will, sollte deshalb bei der Theorie des Impulsradars ansetzen und nicht bei den digitalen Rechenmaschinen, die ein Radardenken in Diskontinuitäten erst adaptieren sollten – hierzu später mehr. Bereits für das frühe Radar durfte gelten, was Jörg Pflüger einer ins Symbolische transferierten Signalökonomie bescheinigte, die Kennzeichen des Digitalen ist:

„Sinn und Nutzen dieses ganzen Aufwandes der diskreten Kodierung bestehen darin, durch die Kapselung der Unschärfe in abgeschlossenen Lokalitäten zu vermeiden, daß sich Ungenauigkeiten fortpflanzen und wechselseitig beeinflussen. Analoge Systeme verhalten sich bezüglich Präzision und Fehlerverhalten wie Messungen, digitale Systeme kann man dagegen mit Stellsystemen vergleichen.“¹⁹⁹

Norbert Wiener führte bekanntermaßen eine Unterscheidung des Analogen vom Digitalen wie folgt ein: „Every digital device is really an analogical device which distinguishes region of attraction rather than by a direct measurement. In other words, a certain time of non-reality pushed far enough will make any device digital.“²⁰⁰ Wiener folgend ließe sich aussagen, dass der epistemische wie elektrotechnische Kern von Impulsradar bereits genuin digital *ist*: Radar war bereits ein ‚digital device‘, das im Mikrotemporalen operierte und sich von Manipulationen konti-

197 Diese Rhetorik des „Denkens“ von Radar in binären Kategorien findet sich bereits in den Quellen. Nach der Erwähnung, dass Radar in und mit Mikrozeitlichkeiten operiert, ergänzte Baxter: „It is on that scale that the student of radar learns to think.“ Baxter (1946): *Scientists Against Time*, Boston, 136.

198 Vgl. Pias, Claus (2009): „Time of Non-Reality. Miszellen zum Thema Zeit und Auflösung“, in: Axel Volmar (Hrsg.), *Zeitkritische Medien*, Berlin, 267-279; und ders. (2004): „Elektronenhirn und verbotene Zone. Zur kybernetischen Ökonomie des Digitalen“, in: Jens Schröter/Alexander Böhnke (Hrsg.), *Analog/Digital – Opposition oder Kontinuum? Zur Theorie und Geschichte einer Unterscheidung*, Bielefeld, 295-309.

199 Pflüger, Jörg (2005): „Wo die Quantität in Qualität umschlägt. Notizen zum Verhältnis von Analogem und Digitalem“, in: Martin Warnke/Wolfgang Coy/Georg Christoph Tholen (Hrsg.): *HyperKult II. Zur Ortsbestimmung analoger und digitaler Medien*, Bielefeld, 27-94, 45.

200 Zit. n. Pias, Claus (2003): *Cybernetics – Kybernetik. The Macy-Conferences 1946-1953, Band 1: Transactions/Protokolle*, Zürich, 158.

nuierlicher Wellen löste. Ganz in diesem Sinne unterscheidet Alexander Galloway das Analoge vom Digitalen: „the analog is found most readily in technologies of curves and waves, in an aesthetic of smoothness and unbroken lines, planes, or volumes“; dahingegen zeichne sich das Digitale durch diskrete Zeichen oder Zustände aus.²⁰¹ Derartige Diskontinuitäten – des Digitalen *avant la lettre* – wurden bereits in den Bänden der *Rad Lab Series* verhandelt. Dies illustrieren die vorigen Zitate ebenso wie die Betonung von „abrupt discontinuities“,²⁰² „nonlinear elements“,²⁰³ „pulse trains“ und „time selection“, „time discrimination“, „time comparison“²⁰⁴ oder „waveforms that are as abrupt as possible“²⁰⁵ im Band *Waveforms*.

Das Digitale gilt gemeinhin als Ergebnis eines Vorgangs der Diskretisierung, d.h. einer Codierung beliebiger Signalamplituden in eine Reihe binärer Spannungszustände, die mit „0“ und „1“ ihre numerische Repräsentation erfahren. Dabei werden etwaige Zwischenzustände strategisch vermieden. Spannend ist es daher, das am Rad Lab stattgefundene Ringen um ideale Rechteckwellen einer Beschreibung des Digitalen gegenüberzustellen, wie sie Jörg Pflüger gibt:

„Auf der physikalischen Ebene der Signale läuft im Computer und in jedem anderen digitalen Medium alles analog ab, oder besser ausgedrückt: Es verläuft kontinuierlich in Raum und Zeit. Wenn bspw. die diskreten Werte 0 und 1 durch unterschiedliche Spannungspotentiale realisiert werden, dann ist ein Zustandswechsel in Wirklichkeit kein instantaner Schaltvorgang, sondern wird durch einen Spannungsanstieg oder -abfall mit einer sehr steilen Flanke erzielt. Je kürzer die Übergangsphasen und je ferner die physikalischen Größen der stabilen Zustände sind, umso besser sind sie auseinanderzuhalten und umso fehlerfreier kann das digitale System arbeiten.“²⁰⁶

Die mit der Spannungsflanke auf physikalischer Ebene einhergehende „time of non-reality“ (Norbert Wiener) bzw. den „forbidden ground in between“ (Julian Biegelow) gilt es im Digitalen produktiv zu vermeiden, woran Pflüger erinnert.²⁰⁷ Damit ist ein Prinzip des Binärdigitalen beschrieben, wie es im Radar der frühen 1940er Jahre bereits umfassend erforscht und praktiziert wurde.

201 Galloway, Alexander R. (2022): „Golden Age of Analog“, in: *Critical Inquiry* 48(2), 211-232, 230.

202 Williams (1949): „Basic Concepts and the Method of Approach“, 11.

203 Ebd., 8.

204 Ebd., 12.

205 Sayre, David (1948): „Generation of Fast Waveforms“, 159.

206 Pflüger (2005): „Wo die Quantität in Qualität umschlägt“, 41-42.

207 Vgl. ebd., 43.

Das Novum jener Impulstechniken des Radars war im historischen Kontext explizit. Am Rad Lab war man sich darüber hinaus bewusst, dass diese neuen Impulstechniken wiederum nicht auf den Radarbereich beschränkt bleiben brauchten, sondern breites Anwendungspotenzial hatten. Ganz in diesem Sinne hielt der Band *Pulse Generators* der *Rad Lab Series* einleitend fest, dass Mikrowellenradar die Entwicklung adäquater Impulsgeneratoren zwar erforderte, diese wiederum aber für eine Vielzahl anderer Anwendungen, die nichts mit Radar zu tun hatten, Verwendung finden konnten:

„The tremendous research and development effort that went into the development of radar and related techniques during World War II resulted not only in hundreds of radar sets for military (and some for possible peacetime) use but also in a great body of information and new techniques in the electronics and high-frequency fields.“²⁰⁸

Als künftige Anwendungsbereiche vorgesehen – neben dem erwähnten Loran zur Navigation – waren Synchronisierungen von Zeitgeberschaltungen für Frequenzmultiplikation und -division; die Synchronisation der Bilddarstellung in Kathodenstrahleröhren; hochauflösendes Fernsehen; die Codierung von auditiven oder Positions-Daten; Anwendungen im Bereich von Timingverfahren in der Elektrophysiologie; Messtechniken in der Physik, Chemie und Biologie; sowie präzise Zeitmess-techniken in der Kernphysik.²⁰⁹

Zudem gäbe es einen weiteren Anwendungsbereich, über welchen – so hieß es 1949 – „very little has been done as yet.“²¹⁰ Denn „the more promising use of these pulse techniques“, wie es in medienwissenschaftlicher Retrospektive angesichts der ingenieurmäßiger Nüchternheit der Aussage im Unterschied zu ihrer epistemischen Tragweite verblüfft, „appears to be in the sequential or digital computers.“²¹¹ Fast beiläufig erschien diese Aussage in der *Rad Lab Series* – schließlich ließ sich 1949 nicht absehen, dass digitalen Computern künftig überhaupt irgend-eine Relevanz jenseits exklusiver Laboranwendungen zukommen würde. Daher

208 Glasoe/Lebacqz (1948): „Preface“, ix. Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, dass kurze Radioimpulse bereits bei der technischen Erforschung der Höhe der Ionosphäre Verwendung fanden, Appleton, Edward Victor/Builder, G. (1931): „A Simple Method of Investigating Wireless Echoes of Short Delay“, in: *Nature* 127, 970. Allerdings blieb die Verwendung von Impulstechniken in den Folgejahren vornehmlich auf diese exklusive Anwendung beschränkt.

209 Vgl. Glasoe/Lebacqz (1948): „Preface“, ix-x.

210 Chance, Britton (1949): „Uses of Waveforms“, in: Chance/Hughes/MacNichol/Sayre/Williams: *Waveforms*, 7-8, 7.

211 Ebd., 8.

musste im historischen Kontext der geneigten Leserschaft noch erklärt werden, was überhaupt der Vorteil dieser ‚digitalen Computer‘ und mithin der Vorteil etwaiger Impulscodierungen sei: „These computers permit extreme flexibility and rapidity in the mathematical solution of complex problems, and a pulse representation of mathematical quantities is of great use in these projects, as are the methods of storing and counting information.“²¹²

Radar- als Computergeschichte

Nach dem Zweiten Weltkrieg waren Millionen Radarröhren vorhanden, die neue Verwendung jenseits von Radar finden konnten – daran erinnert Peter Berz in seiner historischen Rekonstruktion elektrostatischer (Bild-)Speicher.²¹³ Ebenso waren es Radar-Ingenieure, die ein Radardenken auf nunmehr andere Technologien applizierten. Oder wie es Frederic Calland Williams, der am Rad Lab Mitherausgeber der Bände *Electronic Time Measurements* und *Waveforms* war, formulierte: Das Kriegsende „converted a mass of radar experts with endless problems for which they were seeking solutions, into a mass of experts with endless solutions and no problems“.²¹⁴

In welchem neuen Anwendungsbereich der von Williams verkündete radar-epistemische ‚new approach‘ (vgl. das vorige Unterkapitel) zur Problemlösung genutzt werden konnte, lässt sich an eben jenem Williams exemplarisch und programmatisch für andere Radaringenieure nachzeichnen. Mit dem Radarexperten Tom Kilburn wurde er nach Weltkriegsende an die University of Manchester berufen, um in einem Team unter Maxwell H.A. Newman an der Konstruktion eines Computers zu arbeiten: dem späteren „Manchester Baby“, einem ersten ‚general purpose‘, speicherprogrammierbaren Computer.²¹⁵ Nachdem im September 1948 Alan Turing²¹⁶ dem Team beitrat, erinnerte Williams später in einer Retrospektive an die produktive Kollaboration von Radartechnikern und Computertheoretikern, die für die Computergeschichte technologisch nachhaltig werden sollte:

212 Chance (1949): „Uses of Waveforms“, 8.

213 Berz, Peter (2009): „Bitmapped Graphics“, in: Axel Volmar (Hrsg.), *Zeitkritische Medien*, Berlin, 127-154.

214 Williams, Frederic C. (1975): „Early Computers at Manchester University“, in: *The Radio and Electronic Engineer* 45(7), 327-331, 327.

215 Vgl. Croaken, Mary (1993): „The Beginnings of the Manchester Computer Phenomenon: People and Influences“, in: *IEEE Annals of the History of Computing* 15(3), 9-16.

216 Ich danke an dieser Stelle Thomas Nyckel, dessen Turing-Expertise maßgeblich für dieses Kapitel war.