

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>8</b>
1.1	Thematische Zielsetzung und Relevanz . . . . .	9
1.2	Forschungsstand und Quellenlage . . . . .	15
1.3	Historischer Hintergrund . . . . .	19
<b>2</b>	<b>Torpedos und Torpedoangriffsverfahren</b>	<b>27</b>
2.1	Torpedos . . . . .	27
2.2	Das Torpedoschussproblem . . . . .	39
2.3	Torpedoangriffsverfahren . . . . .	41
<b>3</b>	<b>Mechano-optische Analogrechner auf deutschen U-Booten</b>	<b>47</b>
3.1	Hilfsmittel zur Berechnung des Torpedoschussdreiecks . . . . .	50
3.1.1	Gegnerfahrt . . . . .	50
3.1.2	Gegnerlage . . . . .	52
3.1.3	Vorhalt . . . . .	56
3.1.4	Schneidungswinkel . . . . .	66
3.1.5	Reichentfernung und Reichweite . . . . .	66
3.2	Hilfsmittel zur Lösung spezieller Probleme beim Torpedoschuss . . . . .	68
3.2.1	Die Berechnung des Streuwinkels . . . . .	68
3.2.2	Die Parallaxkorrektur . . . . .	72
3.2.3	Der Vg-Rechenschieber für den T-Vorhaltrechner . . . . .	80
3.3	Hilfsmittel zur Lösung taktischer Aufgaben . . . . .	81
3.3.1	Angriffsscheiben . . . . .	82
3.3.2	Die Torpedo-Ausweichscheibe . . . . .	88
3.3.3	Koppelgeräte . . . . .	90
3.4	Analogrechner für die Astronavigation . . . . .	92
3.4.1	Die Höhenrechenschieber von Dennert & Pape . . . . .	97
3.4.2	Das Astronomische Rechengerät ARG 1 . . . . .	102
3.4.3	Sternfindergloben . . . . .	105
3.5	Mechano-optische Rechner der Nachkriegszeit . . . . .	107
3.5.1	Der Sehrohr-Rechenschieber von U 11 . . . . .	107
3.5.2	Der ARISTO 80120 . . . . .	109
3.5.3	Der ARISTO 90200 . . . . .	111
3.5.4	Entwicklungen aus jüngerer Zeit - das SPEARS Wheel . . . . .	112
<b>4</b>	<b>Technische Grundlagen elektromechanischer Feuerleitanlagen</b>	<b>113</b>
4.1	Rechengetriebe . . . . .	115
4.1.1	Additionsgetriebe . . . . .	117
4.1.2	Multiplikationsgetriebe . . . . .	119
4.1.3	Divisionsgetriebe . . . . .	120
4.1.4	Winkelfunktionsgetriebe . . . . .	122
4.1.5	Kurbelgetriebe . . . . .	123
4.1.6	Differentiations- und Integrationsgetriebe . . . . .	126
4.1.7	Funktionsgetriebe mit einer unabhängigen Veränderlichen . . . . .	133

4.1.8	Funktionsgetriebe mit zwei unabhängigen Veränderlichen . . .	135
4.2	Elektrische Bauelemente . . . . .	139
4.2.1	Geber- und Empfängersysteme . . . . .	139
4.2.2	Folgesteuerungen . . . . .	142
4.2.3	Bauteile zur Nachbildung mathematischer Funktionen . . .	145
4.3	Anwendungsbeispiele . . . . .	147
4.3.1	Nachdreheinrichtungen mit einstellbarem Übersetzungsverhältnis . . . . .	148
4.3.2	Parallaxgetriebe . . . . .	150
<b>5</b>	<b>Feuerleitanlagen auf deutschen U-Booten</b>	<b>155</b>
5.1	Die Feuerleitanlage der U-Boote vom Typ VII C . . . . .	156
5.2	Die digitale Torpedo-Feuerleitanlage M8 . . . . .	169
<b>6</b>	<b>Die Torpedovorhaltrechner der SAM</b>	<b>173</b>
6.1	Die Torpedovorhaltrechner C/36 und C/37 (71 to. 28) . . . . .	176
6.2	Der TVh-Re/S2 (71 to. 48) . . . . .	180
6.3	Der TVh-Re/S3 (71 to. 75) . . . . .	182
6.3.1	Aufbau und Funktionsweise . . . . .	183
6.3.2	Bedienung und Wartung . . . . .	188
6.4	Der Torpedovorhaltrechner RGM 3e . . . . .	193
6.5	Weiterentwicklungen . . . . .	197
6.5.1	Der elektrische Torpedovorhaltewinkelrechner 71 to 275 . .	199
6.5.2	Fotoelektrische Rechengeräte . . . . .	214
<b>7</b>	<b>Schlussbetrachtung</b>	<b>218</b>
<b>8</b>	<b>Anlagen</b>	<b>228</b>
	<b>Abbildungsnachweis</b>	<b>240</b>
	<b>Abkürzungen und Symbole</b>	<b>250</b>
	<b>Quellen- und Literaturverzeichnis</b>	<b>252</b>
	<b>Danksagung</b>	<b>269</b>

# 1 Einleitung

Die Rolle der deutschen U-Boote im Zweiten Weltkrieg ist heute in weiten Bereichen historisch aufgearbeitet. Es existiert eine Fülle an Fach- und Populärliteratur zu einer großen Bandbreite von Themen. Individuelle Kriegsschauplätze wie der Nordatlantik mit seinen Geleitzugschlachten finden dabei ebenso Berücksichtigung wie das Schicksal einzelner U-Boote oder Schiffe und ihrer Besatzungen.

Angesichts der bemerkenswerten Detailtiefe bei der Behandlung einzelner Aspekte dieses Themas verwundert es, dass den rechen-technischen Hilfsmitteln auf deutschen U-Booten bislang kaum Beachtung geschenkt worden ist - zumal im Kontrast dazu eine schier unüberschaubare Zahl von Veröffentlichungen zur legendären deutschen Chiffriermaschine Enigma und ihrer Entschlüsselung existiert. So erwähnt der ehemalige Befehlshaber der Unterseeboote, Großadmiral KARL DÖNITZ (1891-1980), Rechenhilfsmittel - gleich welcher Art - in seinen Memoiren<sup>1</sup> mit keiner Silbe, obwohl er andererseits auf zahlreiche technische Details der U-Boote eingeht und sich ausführlich mit den technischen Ursachen der sogenannten Torpedokrise<sup>2</sup> beschäftigt. Dabei schrieb der ehemalige U-Boot-Kommandant HEINZ SCHÄFFER (1921-1979) dem zur Lösung des Torpedoschussproblems entwickelten Analogrechner eine bedeutende Rolle bei den Geleitzugschlachten zu:

„Sie [die Hauptrechenanlage, d. Vf.] war während des Krieges einzigartig auf der Welt und mag bei der Kapitulation berechtigterweise viel bestaunt worden sein. [...] Sie ist direkt mit dem Sehrohr gekoppelt. Dadurch wird das Schießen auf fünf verschiedene Ziele eines Geleitzuges in wenigen Sekunden ermöglicht [...] Nicht zuletzt sind die großen Erfolge in den Schlachten auf dem Atlantik darauf zurückzuführen<sup>3</sup>.“

Selbst EBERHARD RÖSSLER, dem in besonderem Maße die Erforschung der Technikgeschichte deutscher U-Boote und ihrer Bewaffnung zu verdanken ist, befasst sich mit der von LOTHAR-GÜNTHER BUCHHEIM (1918-2007) als „Wunderwerk“<sup>4</sup> und „Stolz der U-Waffe“<sup>5</sup> bezeichneten Rechenanlage nur am Rande<sup>6</sup>.

Mit der vorliegenden Arbeit möchte der Verfasser eine Wissenslücke schließen und marinegeschichtlich oder technikhistorisch Interessierten die Möglichkeit bieten, sich umfassend über die analogen Rechenhilfsmittel auf deutschen U-Booten des Zweiten Weltkrieges zu informieren.

---

<sup>1</sup> DÖNITZ, Zehn Jahre und zwanzig Tage, Seite 75-97.

<sup>2</sup> Als Torpedokrise wird die hohe Anzahl von Fehlschüssen während des Norwegenfeldzuges im Jahre 1940 bezeichnet, die auf mangelhafte Magnetzünder und eine fehlerhafte Tiefensteuerung der Torpedos zurückzuführen waren. Für eine ausgezeichnete Darstellung der Torpedokrise siehe KRAUSS, Rüstung und Rüstungserprobung in der deutschen Marinegeschichte, Seite 190-220.

<sup>3</sup> SCHÄFFER, U 997, Seite 72.

<sup>4</sup> BUCHHEIM, Die Festung, Seite 1016.

<sup>5</sup> Ebd.

<sup>6</sup> RÖSSLER, Torpedos, Seite 79-82.

Dem Verfasser erscheint es bei einer Arbeit über Kriegsgerät unangebracht, eine reine Instrumentengeschichtsschreibung ohne jede soziale Dimension zu betreiben. Daher wird im Sinne einer allgemeinen Technikgeschichte ein gelegentlicher, kulturhistorisch motivierter Blick über den mathematisch-technischen Tellerrand gewagt. Vor diesem Hintergrund sind die in Kapitel 2 und Kapitel 3 am Beispiel der Torpedoforschung gemachten Ausführungen über Forscher, Künstler und Unternehmen im Spannungsfeld von Wissenschaft und Krieg zu sehen.

Die Arbeit ist wie folgt gegliedert: In Kapitel 1 wird der Forschungsgegenstand unrissen und die Quellenlage geschildert. Kapitel 2 hat einführenden Charakter und vermittelt das notwendige Basiswissen über Torpedos und Torpedoangriffsverfahren. In Kapitel 3 werden Analogrechner nach mechano-optischem Funktionsprinzip untersucht. Kapitel 4 widmet sich den technischen Grundlagen elektromechanischer Analogrechner und in Kapitel 5 werden Feuerleitanlagen<sup>7</sup> für U-Boote behandelt. Die beiden Kapitel 4 und 5 legen das Fundament zum Verständnis der in Kapitel 6 untersuchten Torpedovorhaltrechner der Firma Siemens. In Kapitel 7 werden die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit schließlich zusammengefasst.

## 1.1 Thematische Zielsetzung und Relevanz

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Erforschung der Analogrechner<sup>8</sup> auf deutschen U-Booten des Zweiten Weltkrieges. Im Vordergrund der Untersuchung steht zunächst die objektzentrierte technische Analyse und Beschreibung der bei den Recherchen gefundenen Sachquellen, und zwar nicht nur im Sinne einer reinen Bestandsaufnahme. Es entspricht vielmehr einer Grundüberzeugung des Technikhistorikers HARTMUT PETZOLD, dass „Artefakte und deren fachgerechte Entschlüsselung Kern der Technikgeschichte sein sollen“<sup>9</sup>. Von ebensolcher Relevanz ist es für PETZOLD, nach den politisch-sozialen Implikationen und Folgen dieser Artefakte sowie nach den militärischen Einflüssen auf die Technikentwicklung zu fragen<sup>10</sup>. Daher wird in dieser Arbeit nicht nur die Entwicklungsgeschichte sowie die technik- und militärhistorische Bedeutung der Artefakte untersucht, sondern auch der Frage nachgegangen, ob und wie weit sich der U-Boot-Krieg und die analoge Rechentechnik wechselseitig beeinflusst haben.

---

<sup>7</sup> Der Begriff der Feuerleitanlage „umfaßt alle Geräte und Einrichtungen zur Ermittlung des Zieles und der daraus folgenden Schußdaten wie auch zur Leitung der Feuerwirkung einer größeren Anzahl von Geschützen von einer Stelle aus“ (BLATTMANN, SAM, Seite 17).

<sup>8</sup> Unter dem Begriff Analogrechner sollen hier mechano-optische, elektromechanische und fotoelektrische Rechengeräte verstanden werden, bei denen die Variablen eines gegebenen Problems durch leichter messbare physikalische Größen dargestellt und durch eine entsprechende Kombination von Rechenelementen in mathematische Beziehungen zueinander gesetzt werden, die denen des Originalproblems so weit wie möglich analog sind. Vgl. KORN, G. A., KORN TH. M., Elektronische Analogierechenmaschinen, Seite 15.

<sup>9</sup> Siehe: HELLIGE, Die Aktualität von Hartmut Petzolds Sozialgeschichte des Computing, in: HASHAGEN, ULF; HELLIGE, HANS DIETER (Hrsg.), Rechnende Maschinen im Wandel: Mathematik, Technik, Gesellschaft, Festschrift für Hartmut Petzold zum 65. Geburtstag. Deutsches Museum, München 2011, Seite 201.

<sup>10</sup> Vgl. ebd.

Das Hauptaugenmerk der technischen Analyse und Beschreibung gilt den in der Literatur bislang nur unzureichend berücksichtigten analogen Rechenhilfsmitteln zur Bestimmung der beim Torpedoschuss einzustellenden Steuergrößen, wobei der Schwerpunkt auf dem Torpedovorhaltrechner S3 (TVh-Re/S3) der Firma Siemens Apparate und Maschinen GmbH (SAM) liegt, der in der Fachliteratur bislang nur beiläufig erwähnt wurde. Ein aus dem Turm von U 995<sup>11</sup> ausgebautes Exemplar dieses Rechners (siehe Abbildung 1.1) wurde bis vor wenigen Jahren in der Historischen Halle des Marine-Ehrenmals in Laboe ausgestellt und gab den Anstoß zu dieser Arbeit.

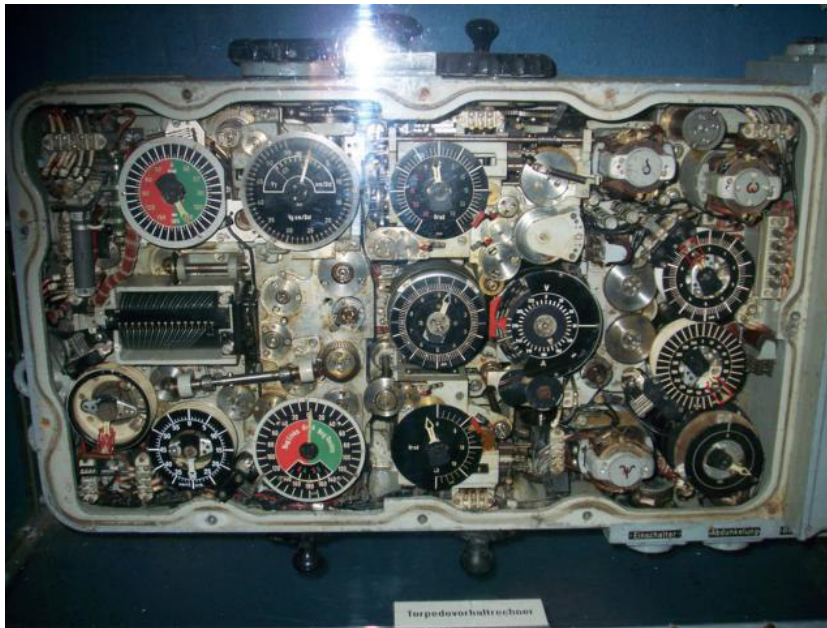


Abbildung 1.1: Der Torpedovorhaltrechner von U 995 in Laboe (geöffnet)

Um ein vollständiges Bild der auf U-Booten verwendeten Rechentechnik zu vermitteln, werden daneben Analogrechner zur Lösung von taktischen und astro-navigatorischen Aufgaben behandelt. Letzteren kommt insofern eine besondere Bedeutung zu, als deutsche U-Boote im Zweiten Weltkrieg im wahrsten Sinne des Wortes alle Sieben Meere befuhren und die äußerst rechenintensive astronomische Navigation auf hoher See die einzige Möglichkeit der Ortsbestimmung darstellte.

Zu Beginn der Arbeit werden die auf deutschen U-Booten eingesetzten mechano-optischen Analogrechner untersucht. Dazu zählen in erster Linie Rechenschieber und -scheiben. Der wichtigste Hersteller dieses Typs von Analogrechnern war die Firma Dennert & Pape ARISTO aus Hamburg-Altona, deren Instrumente für die U-Boote der Kriegsmarine mit Ausnahme der Navigationsrechenschieber bislang nicht erforscht wurden und daher einen besonders breiten Raum einnehmen.

---

<sup>11</sup> U 995 wurde am 16.09.1943 bei Blohm & Voss in Hamburg in Dienst gestellt. Das U-Boot vom Typ VII C wurde nach Kriegsende von der Königlich Norwegischen Marine übernommen und am 13.03.1972 nach Laboe überführt. Dort wird es heute vom Deutschen Marinebund e.V. als historisch-technisches Museum betrieben.

Die mechano-optischen Analogrechner werden nach ihrem Verwendungszweck und ihrer Funktionsweise klassifiziert und dabei auch solche Instrumente berücksichtigt, deren Einsatz auf U-Booten anhand des vorhandenen Quellenmaterials weder nachgewiesen noch mit letzter Gewissheit ausgeschlossen werden kann.

Um zu dokumentieren, dass der Einsatz mechano-optischer Analogrechner auf deutschen U-Booten keineswegs mit dem Zweiten Weltkrieg oder der zunehmenden Verbreitung elektronischer Digitalrechner endete, werden zwei Rechenschieber untersucht, die in der Tradition der historischen Instrumente stehen und bis zum heutigen Tag bei der Deutschen Marine verwendet werden. Standardrechenschieber wie der an Bord von U 534<sup>12</sup> gefundene ARISTO Rietz werden hingegen nicht behandelt, da sie in der Literatur bereits hinreichend dokumentiert sind.

Danach werden die mathematischen und technischen Grundlagen des TVh-Re/S3 sowie im Anschluss daran seine Aufgabe als zentraler Bestandteil der Feuerleit-anlage sowie seine Funktionsweise untersucht. Hierbei liegt der Fokus auf den rechentechnischen Gesichtspunkten. Aus diesem Grund werden Rechengetriebe und Bauteile zur Nachbildung von mathematischen Funktionen ausführlicher als die eher technischen Komponenten des Rechners und der Feuerleitanlage behandelt.

Um die Entwicklungsgeschichte des TVh-Re/S3 zu veranschaulichen, werden weitere auf U-Booten der Kriegsmarine verwendete Torpedovorhaltrechner von Siemens analysiert und die rechentechnisch bedeutsamen Unterschiede zum TVh-Re/S3 herausgearbeitet.

Neben den tatsächlich im Krieg verwendeten Rechnern werden ferner zwei Prototypen untersucht, die in der Literatur bislang keine Erwähnung gefunden haben. Bei dem ersten Gerät handelt es sich um einen elektrischen Torpedo-Vorhaltrechner, der sich durch die Implementierung eines besonders ausgeklügelten mathematischen Ansatzes zur Lösung des Torpedo-Schussproblems auszeichnet. Mit dem zweiten Prototypen, einem fotoelektrischen Rechner zur Berechnung mathematischer Funktionen, hoffte Siemens, versuchsweise gewisse technische Beschränkungen elektromechanischer Rechner zu überwinden.

Schließlich soll der Versuch unternommen werden, die Frage nach der Wechselbeziehung zwischen dem Verlauf des U-Boot-Krieges und der Entwicklung von analogen Rechenhilfsmitteln für U-Boote sowie die Frage nach der technik- und militärhistorischen Relevanz der deutschen U-Boot-Rechner zu beantworten. Zu diesem Zweck werden die Analogrechner auf zwei unterschiedlichen Analyseebenen betrachtet. So wird auf der „objektiven“ Ebene etwa nach den Auswirkungen der alliierten Abwehrmaßnahmen oder der mit zunehmendem Verlauf des Krieges knapper werdenden Ressourcen auf die Entwicklung neuer Rechnertypen sowie nach dem Einfluss des Torpedovorhaltrechners auf die Versenkungszahlen gefragt.

---

<sup>12</sup> U 534 ist ein U-Boot vom Typ IX C/40 und wurde am 23.12.1942 in Dienst gestellt. Das Boot ist wenige Tage vor Kriegsende bei einem Luftangriff britischer Bomber im Kattegat gesunken. Es wurde 1993 gehoben und dient heute, in mehrere Teile zerlegt, als Museumsboot in Liverpool. Auf die unterschiedlichen U-Boot-Typen wird im Rahmen dieser Arbeit nicht weiter eingegangen. Ausführliche Informationen finden sich in EBERHARD RÖSSLERS zweibändiger Geschichte des deutschen U-Bootbaus.