

RAUMLOSE RÄUME UND ORTLOSE OBJEKTE

Akustische Transfers zwischen Land und Meer

VON SEBASTIAN SCHWESINGER

ABSTRACT

Am Beispiel eines akustischen Tarnkappen-U-Boots des Zweiten Weltkriegs thematisiert der Beitrag das Zusammenspiel von Absorption und Reflexion als konstitutive Pole der akustisch basierten nautischen Navigation. Mithilfe akustischer Signale wurden und werden subaquatische Umgebungen erschlossen und deren Begrenzungen und Objekte sichtbar gemacht und kartiert. Im Gegensatz zur medienwissenschaftlich prominent beschriebenen Funktion der Raumüberwindung durch akustische Medien wie bspw. durch das Radio legt der Artikel den Fokus auf die raumerzeugende Funktion nautischer akustischer Medien und untersucht die dafür notwendige diagrammatische Konzeption des Akustischen in Transduktionsketten. Diese bilden die materielle und epistemische Grundlage nicht nur für die friedliche akustisch-mediale Konstruktion des Meeres als Transitraum, sondern auch für das militärische *hide & seek* der atlantischen Kriegführung. Das Denken in und die Arbeit an Transduktionsketten ermöglichte die Engführung von raumakustischer Forschung und Wasserschallforschung im Zweiten Weltkrieg, weshalb der Artikel sich auch als Beitrag zu einer Verflechtungsgeschichte terrestrischer und maritimer Raumvorstellungen wie Wissensformen versteht.

KEYWORDS: Raumakustik, Unterwasserakustik, Absorption, Reflexionsfreiheit, Transduktion, Schallortung

»It's a little dangerous
When you come treading by me
Hide and seek delirium
Where do you think you'll find me?«
(Alexandra Savoie, »Howl« 2020)

I. EINLEITUNG

Man kann es getrost der Dominanz eines territorial geprägten Geschichtsverständnisses anlasten, dass der historischen Bedeutung maritimer Räume erst in den letzten Jahren verstärkte Aufmerksamkeit gewidmet wurde. Die in diesem Zuge geäußerte Kritik an einer *Terrazentrität* der historisch arbeitenden Disziplinen ließ das

Meer als einen vergessenen Raum aufscheinen, gegen dessen vermeintliche Geschichtslosigkeit und Leere es vorzugehen gelte.¹ Auch wenn Autor:innen wie Alexander Kraus und Martina Winkler dieser heterotopen Häresie² grundsätzlich zustimmen, haben sie doch ebenso deutlich auf die darin fortgeschriebene Dichotomie von *Land* und *Meer* hingewiesen, die ihrer Meinung nach problematisch ist, weil sie beide Pole universalisiert und generalisiert; und daraus folgend außerstande ist, die Verzahnung von terrestrischen und maritimen historischen Räume zu entbergen.³

Dieser Artikel versteht sich als Beitrag zu einer solchen Verflechtungsgeschichte, die sich aus den wissenschaftlichen Anstrengungen speist, Wissen und Technologien zwischen maritimen und terrestrischen Räumen transferieren zu können. Die Akustik erscheint hier als geeignete Grenzgängerin, die sich mit der Erforschung von Luft- und Wasserschall über die Eigenheiten beider Medien der Ausbreitung von Schwingungsphänomenen hinwegsetzt und die Transfermöglichkeiten von Wissensbeständen und ihren potentiellen Anwendungsfeldern zu Land und zu Wasser bis in die Gegenwart auslotet. Damit steht eine den Polen von Land und Meer korrespondierende Dualität von Raum und Zeit zur Disposition, die in ihrer Wechselseitigkeit auch die vermeintliche erstere Opposition aufzulösen vermag. Die Bedeutung des Akustischen für die Nautik ist seit der Wende zum zwanzigsten Jahrhundert zentral geworden und – wie am Beispiel der Echolotung an anderer Stelle in dieser Ausgabe nachvollziehbar wird – von dem Willen getrieben, Raum- und Ortswissen durch die Ausnutzung zeitbasierter Effekte akustischer Phänomene darstellbar zu machen. Während die Ursprünge akustischer und elektroakustischer Kommunikationstechnologien in ihrer *raumüberwindenden* Funktion auch zur See bereits breit rezipiert wurden⁴, sind die *raumerzeugenden* akustischen

-
- 1 Die Programmatik dieser Ansätze bringt der einflussreiche Text von John R. Gillis bereits im Titel *Taking History Offshore* auf den Punkt. Vgl. Gillis: »Taking History Offshore«.
 - 2 Damit soll die Provokation, die im Anzweifeln der Heterotopie, der Andersartigkeit maritimer Räume liegt, verdeutlicht werden, wiewohl Foucault nie das Meer, sondern allein das Schiff für dessen heterotopes Imaginationsarsenal seit der Neuzeit in Anschlag bringt, wenn er schreibt, dass »das Schiff ein schaukelndes Stück Raum ist, ein Ort ohne Ort [...]. Das Schiff, das ist die Heterotopie schlechthin.« (Foucault: »Andere Räume«, S. 46) Auch wenn die vor allem eurozentrische Historizität dieser Bestimmung nur unzureichend reflektiert scheint, ist Foucault der hier verfolgten Argumentation einer konstitutiven Navigationsunsicherheit weitaus näher, als es seine Rezeption im Rahmen eines oceanic turn vermuten lässt.
 - 3 Vgl. Kraus/Winkler: »Weltmeere«, S. 11 ff. Welche politische Dimension diese Unterscheidung annehmen kann, ist nicht erst mit der nationalsozialistischen Blut-und-Boden-Ideologie erkennbar geworden, die auch Völkerrechtler wie Carl Schmitt mit der historischen, rechtlichen und kulturellen Gegenübersetzung von Land und Meer vorbereitet bzw. akademisch begleitet haben. Beispielhaft vgl. Schmitt: *Nomos der Erde im Völkerrecht des Jus Publicum Europaeum*.
 - 4 Die Kommunikation zur See durch akustische bzw. Radiosignale ist nicht nur Gegenstand der wissenschaftlichen Auseinandersetzung, sondern auch einer breiteren Öffentlichkeit

Technologien, die einer soziotechnischen Konstruktion der unsichtbaren Unterwasserwelt und ihrer navigationellen Beherrschung überhaupt erst Vorschub leisteten, weniger präsent. Dieser Artikel möchte deshalb die Raumzeitlichkeit des Akustischen und deren Bedeutung für die Navigation als nicht nur raumvermittelnder, sondern ebenso raumerzeugender Praxis herausstellen, indem er sich den Bedingungen der akustisch-medialen Navigationsformen widmet und das Zusammenspiel von akustischer Reflexion und Absorption als dessen mediale *conditio sine qua non* untersucht. Am vermeintlich randständigen Phänomen eines Tarnkappen-U-Boots des Zweiten Weltkriegs wird das Denken in und die Arbeit an Transduktionsketten als operativ-epistemische Voraussetzung des Navigationellen exemplifiziert.

2. AUFTAKT. EIN U-BOOT WIRD GEFUNDEN

Als sich 1998 ein Schleppnetz eines Fischerbootes im Ärmelkanal an einer unmarkierten Stelle am Grund verfang, war die Aufmerksamkeit der hauptsächlich privat operierenden Wrackjäger geweckt. Die finale Aufklärung erfolgte allerdings erst zehn Jahre später durch eine Tauchexpedition an dieser vielbefahrenen Stelle inmitten des Kanals südöstlich der Isle of Wight. Die Expedition und die parallele Archivarbeit wurde durch ein Filmteam um Crispin Sadler begleitet und zur Dokumentation *Stealth Sub* in der erfolgreichen Reihe *Deep Wreck Mysteries* verarbeitet.⁵ Wie der Titel bereits verrät, war dieser Fund eines bisher nicht verzeichneten U-Bootwracks deshalb außergewöhnlich, da es sich dabei um ein kurz vor Ende des Zweiten Weltkriegs von der deutschen Marine erfolgreich eingesetztes Tarnkappen-U-Boot handelt.

Die Unterwasserkameraaufnahmen des Wracks bieten ein bizarres Bild: In 55m Tiefe liegt ein U-Boot der deutschen 7er Baureihe, der mit knapp 700 ausgelieferten Stück umfangreichsten Produktionsserie im Zweiten Weltkrieg, hier in der späten Version VII C. Scurril ist dessen Anmutung allerdings aufgrund seiner Oberfläche. Unter den Ablagerungen, die das Meer seit dessen Aufgründliegen hinterlassen hat, zeichnet sich eine glatte Gummioberfläche ab, die das gesamte Äußere des Bootes umschließt. An einigen Stellen haben sich Teile davon gelöst, stehen vom U-Boot ab und geben ihre Beschaffenheit preis. Die Außenhaut besteht aus aufgeklebten Gummimatten, die eine untere perforierte Schicht und eine obere glatte Schicht aufweist (siehe Abb. 1).

vermittelt worden, wie sich am Namen Guglielmo Marconi nachvollziehen lässt. Vgl. Hagen: *Das Radio; Das unsichtbare Netz.*

5 Vgl. *Stealth Sub.*



Abb. 1: Unterwasserkameraaufnahmen der Außenhaut von U 480 im Rahmen der dokumentierten Tauchexpedition 2008.⁶

Von dieser seltsamen Beschichtung versprach sich die deutsche Marine, unentdeckt auf ›Feindfahrt‹ zu gehen, unortbar durch die gegnerischen Linien zu navigieren und unbehelligt in von ihnen kontrollierten Gewässern Schiffe zu vernichten. Unter dem Codenamen *Alberich* wurde bereits seit Kriegsanfang daran gearbeitet, die Anpeilung durch die alliierte ASDIC-Technologie⁷ zu verhindern. Das von der britischen *Anti-Submarine Division* bereits gegen Ende des Ersten Weltkrieges entwickelte und stetig verbesserte Verfahren zur aktiven Schallortung stellte sich als die größte Bedrohung eines erfolgreichen deutschen U-Boot-Krieges heraus. *Alberich* sollte die deutsche Antwort auf ASDIC sein.

Als U 480 am 14. August 1943 bei der Deutsche Werke Kiel AG vom Stapel lief, war es unter nicht geringem Mehraufwand mit der speziellen *Alberich-Gummi-außenhaut* versehen worden. Nach der standardisierten Ausbildungs- und Testphase bei Inbetriebnahme eines Bootes erfolgte Ende Mai 1944 im Skagerrak eine Erprobung der *Alberich-Tarnung*, bei der sowohl die Funktionalität als auch die Materialsicherheit, z.B. bei Tieftauchversuchen sichergestellt wurde. Zu Beginn der alliierten Invasion noch vor Norwegen zur Abwehr stationiert, wurde es bald nach dem Landungserfolg der Alliierten in Frankreich für den Operationsraum im Ärmelkanal vorbereitet.⁸ Der Ärmelkanal war zu dieser Zeit bereits vollständig – zur See wie zur Luft – unter der Kontrolle der alliierten Streitkräfte. Laut dem Marine-Historiker Axel Niestlé standen den 36 deutschen U-Booten, die für den Einsatz

6 Stealth Sub, TC 4:24/4:35 (UK Version), Copyright: Mallinson Sadler Productions.

7 Die Bezeichnung ASDIC bezieht sich auf die für die britische Anti Submarine Division (ASD) erfolgte Forschungsarbeit, aus der intern der Gebrauch ASDics für die dabei hergestellten Gerätschaften als Deckname wurde. Der Begriff ASDIC wurde später offiziell für die Aktivsonarortungstechnologie verwendet.

8 Vgl. Rössler: Die Sonaranlagen der deutschen Unterseeboote, S. 135.

im Ärmelkanal abkommandiert werden konnten, mehrere hundert Schiffe der Alliierten gegenüber, die allein für die Bekämpfung der U-Boote vorgesehen waren.⁹ In dieses Gebiet brach U 480 von Brest aus zu seinem zweiten Fronteinsatz unter der Führung von Oberleutnant zur See Hans Joachim Förster auf. Am 21. August entdeckte die deutsche Besatzung ein einzelnes Schiff, die kanadische Corvette HMCS Alberni. Diese sank nach einem Torpedotreffer innerhalb kürzester Zeit mit mehr als der Hälfte ihrer Besatzung in die Tiefe. Der überlebende wachhabende Offizier Frank Williams bestätigte, keinerlei Anzeichen eines U-Boots in ihrer Nähe über die Sonar- und Radarortung erhalten zu haben.¹⁰ Innerhalb von weiteren vier Tagen versenkte die Mannschaft von U 480 noch drei weitere Schiffe, den Minensucher HMS Loyalty, das Versorgungsschiff SS Fort Yale und den Nachschubfrachter SS Orminster. U 480 ging nach jedem Abschuss direkt auf Tauchstation. Die alliierten Schiffe konnten das U-Boot mit ihren Ortungsgeräten allerdings nicht erfassen. Förster führte dazu in seinem Kriegstagebuch am 25. August 1944 aus:

Horchverfolgung dauert bis 22 h. [...] Häufig liegt Kolbendampfmaschinen-Jäger mit ganz geringen Umdrehungen (gestoppt) direkt über dem Boot. Jede Kleinigkeit bei ihm war dann im Boot [...] mit bloßem Ohr zu hören. Dabei brüllende Asdic-Impulse. [...] [Ich bin] der Überzeugung, daß Gegner mit Asdic Boot nicht erfaßt hat, deshalb ohne Entfernungsmessung nur auf Horchpeilung angewiesen (und das sicher auch noch sehr ungenau wegen des guten Zustandes, in dem Boot sich befindet) war. Zum größten Teil schreibe ich das Nichterfaßtwerden des Bootes dem Schutz durch Alberich zu.¹¹

Erst Mitte September tauchte U 480 vor der Westküste Irlands wieder kurzfristig auf und funkte an die Kommandoleitung. Im enigmaverschlüsselt sicher geglaubten, aber von den Alliierten abgefangenen und in Bletchley Park entzifferten Funkpruch, tauchte die Bezeichnung Alberich auf, mit der die Alliierten zunächst nicht viel anfangen konnten. Zwar hatten die Verhöre mit deutschen Überlebenden von U-Boot-Abschüssen bereits seit 1941 Informationen zutage gefördert, dass mit einer Gummiummantelung der Boote versucht wurde, die britische ASDIC-Ortung zu verhindern¹², aber zum einen waren die Bemühungen als nicht praxistauglich

9 Vgl. Stealth Sub, TC 8:40-9:09 (Deutsche Version).

10 Vgl. Stealth Sub, TC 16:23-16:30 (Deutsche Version). Mittels Radar, das zu dieser Zeit bereits im Einsatz war, ließen sich aufgetauchte U-Boote aufspüren.

11 Zitiert nach Rössler: Die Sonaranlagen der deutschen Unterseeboote, S. 135. Die Bemerkung, dass das Boot in einem guten Zustand und deshalb auch bei Horchpeilung kaum zu orten sei, liegt zu einem gewissen Teil auch an der dämmenden Wirkung, die die Gummihaut Alberich für Geräusche aus dem Inneren des U-Boots nach draußen hatte.

12 Vgl. »Report of Interrogation of Survivors of ›U 574,‹ a 500-Ton U-Boat, Sunk at About 0425 on 19th December, 1941, in Position 38° 15' N. and 17° 16' W., 28.12.1941« in: TNA ADM 219/542 »Interrogation of U-Boat Survivors, and Summary of U-Boat Tactics. Index to British Intelligence Reports«.

bzw. gescheitert beschrieben worden und zum anderen wurden sie nicht unter ihrem Codenamen Alberich erwähnt.¹³ Allerdings reichte ein wenig Germanistikwissen aus, um von der Benennung nach einer germanischen Mythenfigur auf die Funktion des Einsatzmittels schließen zu können. Der insbesondere von Richard Wagner im Ringzyklus prominent inszenierte Alberich versucht, in der Sage den Schatz der Nibelungen vor allem mithilfe der Fähigkeit zu beschützen, sich durch einen Mantel unsichtbar machen zu können und so Angreifer zu täuschen. Allein diese Bezeichnung verriet, dass der deutschen Marine doch noch der Durchbruch bei der Gummibeschichtung von U-Booten zur ASDIC-Abwehr gelungen sein musste.

U 480 und seiner Besatzung war indes kein weiterer erfolgreicher Fronteinsatz beschieden. Nach einer aufwendigeren Erneuerung der Ummantelung in Norwegen lief U 480 Anfang Januar 1945 wieder aus. Die Alliierten konnten erneut einen Funkspruch abfangen und entschlüsseln, der den genauen Auftrag und den Operationsraum des U-Boots enthielt. Sie verlegten daraufhin die Konvoilinen im Ärmelkanal und verminten die alten Konvoibojen, an denen sich U 480 in Position brachte. Die dokumentierte Tauchexpedition konnte letztlich aufklären, dass das U-Boot durch eine detonierte Seemine und nicht – wie bis dahin vermutet¹⁴ – nach feindlicher Aufspürung durch Wasserbomben am 24. Februar 1945 ohne Überlebende sank.

3. ZIELE UND WEGE FINDEN. *HIDE & SEEK* IN DER ATLANTISCHEN KRIEGFÜHRUNG

Diese historische Episode soll den Ausgangspunkt für eine Betrachtungsumkehr bieten, mittels der den Bedingungen des Navigationellen *peu a peu* auf den Grund gegangen werden soll: Anstatt die Perspektive des Zielsuchenden einzunehmen, soll die Betrachtung vom Ziel ausgehen. Unterstellt man der Navigation als zunächst raumvermittelnder Praxis zwei grundlegende Fragen, so lässt sie sich in der kombinatorischen Mitte zwischen Orientierung und Zielfindung bzw. Zielerreichung einordnen: Erstens, wo bin ich? Zweitens, wo ist mein Ziel und wie komme ich dorthin?¹⁵ Es ist unstrittig, dass für den Fokus auf das Ziel die zweite Frage entscheidend ist, wobei die Verortung des Ziels immer in Relation zur Selbstverortung erfolgt und entsprechend auf äquivalente Techniken und Praktiken zurückgreifen muss, um Selbst und Ziel in einem geteilten Raum, wie er sich bspw. über

13 Vgl. z.B. »Report on the Interrogation of Survivors From U67, Sunk on 16 July 1843, Lt. Kuhn, Navy Department, Office of the Chief of Naval Operations, Washington, 16.8.1943, O.N.I. 250 – G/Serial 16«, File 5711651; »U 135« Interrogation of Survivors, November 1943« in: TNA HS 8/767 »Anti-Submarine Campaign. Interrogation of U-Boat Survivors«.

14 Der U-Boot-Historiker Eberhard Rössler geht noch 2006 von einem Abschuss aus. Vgl. Rössler: Die Sonaranlagen der deutschen Unterseeboote, S. 135.

15 Vgl. Hutchins: Cognition in the Wild, S. 12ff.

eine Karte vermittelt, zu organisieren. Im vermeintlichen Normalzustand der Navigation ist das Ziel kartiert, weshalb die eigene Ortsbestimmung in diesem Bezugssystem die einzig notwendige Bedingung darstellt, um ein standardisierbares Handlungsprogramm der Zielerreichung in Gang zu setzen. Ein Ziel, das sich zu entziehen versucht, stellt hingegen eine Herausforderung für die Navigation, mithin deren potentielle Verhinderung dar. Entsprechend ließe sich sagen, dass im *Hide & Seek* der atlantischen Kriegführung die zweiseitige Dimension der Navigation exzessiv wird. Das Problem der Navigation, ihr Anstoß und ihr Fokus verschieben sich in diese Richtung. Die Zielorientierung ist zwar kein neues Phänomen der Navigation, doch scheint der Erfolg von Techniken der Orientierung und Selbstverortung den Pol der Zielfindung und -erreicherung als nachrangig oder abgeleitet auftreten zu lassen. Doch gilt für die Geschichte dieser Medientechniken von Sonar bis GPS eher die umgekehrte Binsenweisheit, dass das Ziel der Weg ist, da vor allem im militärischen Hintergrund der (Weiter-)Entwicklung vieler dieser heute zivil genutzten Technologien maßgeblich in Kategorien des *targeting* gedacht wurde.

Woran lässt sich nun der Exzess festmachen, der diese Betrachtungsumkehr für die Archäologie des Navigationellen plausibilisiert? Zum einen werden Ziele problematisch, indem sie mobilisiert werden. Ähnlich der eigenen Positionsbestimmung müssen frei flottierende Ziele stetig im Bezugssystem kartiert werden. Tendenziell wird das mit zwei Variablen ausgestattete Navigationssystem dadurch komplexer, da neben Raumgrößen nun auch der durch Mobilität ausgelösten Variabilität mit einer Zeitgröße Sorge getragen werden muss: Die Karte trägt damit den zeitlichen Index eines mobilen Ziels. Mobile Ziele erfordern es entsprechend, die eigene Verortung in einen direkteren und abhängigeren Bezug zum Ziel zu setzen. In diesem Sinne wird das routing vom Ziel ausgehend zur eigenen Position sinnfällig, da sich bspw. auch ohne die eigene Ortsveränderung die Distanz zum Ziel verändern kann. Man kann dies durch die Verschiebung der routing-Komponente bezüglich der beiden Grundfragen der Navigation deutlich machen. Es hieße jetzt zuerst: Wo ist das Ziel gerade? Und erst darauffolgend: Wie erreiche ich es, eingedenk meiner eigenen Position?

Der Exzess der Zieldimension im atlantischen U-Bootkrieg lässt sich zum anderen an der Einführung von Noise festmachen. Unter Noise soll jede Form der Undifferenzierbarkeit und des daraus folgendes Nicht-Wissens bzw. Nicht-Bestimmen-Könnens verstanden werden.¹⁶ Am Anfang einer jeden Navigation steht eine konstitutive Unsicherheit über den räumlichen Bezug aller Beteiligten, der in navigatorische Basisarbeit überführt wird, sei es die eigene Verortung oder die Zielverortung, die als Ausgangssituation für das folgende routing dient. Die in diesem Schritt hinzukommenden Unsicherheiten und Unwägbarkeiten des Bezugssystems – wie bspw. die Wandelbarkeit des Terrains, die Abhängigkeit vom Wetter oder der Detailgrad von Karten – führen zu verschiedenen Umweltbeobachtungen und

16 Für eine eingehendere Auseinandersetzung des Verhältnisses von Noise und Navigation siehe den vom Autor mitherausgegebenen Band van Dijk u.a.: *Navigating Noise*.

letztlich in Kombination mit der Eigen- und Zielmobilität zu einer Iteration des gesamten Navigationsprozesses. In Form des Hide & Seek werden an eben jener Stelle der Zielfindung, die die Navigation nicht nur in Gang setzt, sondern die Iteration aufrechterhält, und dementsprechend Teil der navigationellen Praxis ist, Strategien eingesetzt, um den Prozess zu stören bzw. gänzlich zu verhindern. Diese sollen die Territorialisierung maritimer Räume konterkarieren. Anhand der Verknüpfung von Akustik und Zielfindung lässt sich zeigen, wie die Transformation von Zeit- in Raumgrößen der Hoffnung einer terrestrisch konzeptualisierten Raumbherrschaft zugrundeliegt, in deren medial-epistemischer Bedingtheit allerdings die Gegenstrategien angelegt sind. In diesem Sinne arbeitet sich das technologische Wettrüsten der atlantischen Kriegführung an den Grundlagen der Navigation als gleichzeitig raumerzeugender wie raumvermittelnder Praxis ab. Jede Navigation vermittelt nicht nur einen vorhandenen Raum über die Synchronisation mit einem Bezugssystem, sondern die eingesetzten Techniken und medialen Praktiken der Navigation erzeugen stetig ihren eigenen Operationsraum. Die navigationellen Medien bieten dabei ex negativo ebenso die Techniken zur Verhinderung der Navigation. Die durch sie erzeugten Sichtbarkeiten erschaffen gleichzeitig die Möglichkeit der Unsichtbarkeit. Diese Techniken schaffen keine auditive oder visuelle Repräsentation eines Territoriums, sie projizieren eine territoriale Ordnungsvorstellung und ein damit verbundenes Beherrschungsphantasma auf maritime Gefilde.¹⁷ Die medialen Grundlagen dieser Projektion offenbaren sich als Sollbruchstellen im wechselseitigen Ringen um Ortung und Tarnung.

Im navigationellen Sinne lässt sich die militärische Ortung von feindlichen Objekten als ein Versuch verstehen, diese Objekte aus ihrer umweltlichen Eingebundenheit herauszuheben bzw. herauszufiltern, sie als Ziele zu isolieren und ansteuerbar zu machen bzw. stetig verfolgbar zu halten. Zwei akustische Verfahren sind hierfür geschichtlich in der U-Boot-Kriegführung relevant geworden. Das Passivsonar folgt der Logik der Substitution der Sinne. Analog zu den Horchposten an Land wird über die Ausstattung von Schiffen und U-Booten mit Unterwassermikrophonen, sog. Hydrophonen, eine auditive Überwachung des umgebenden undurchsichtigen Unterwasserraums ermöglicht. Durch die im Vergleich zur Luft erhöhte Schalleitfähigkeit von Wasser sind Motorengeräusche über größere Entfernungen zu hören. Schulungsdokumente belegen allerdings den immensen Hörbildungsaufwand, der zur Orientierung und Zielfindung in einer vieltönigen Umgebung nötig war.¹⁸ Auch für die U-Bootbewaffnung wurden akustische Detektionsmöglichkeiten ausgenutzt. Sogenannte akustische Torpedos waren geräuschgesteuerte Waffensysteme, die ihre Ziele nach deren frequenzabhängiger Lautstärke detektieren und ihre Navigation entsprechend ausrichten konnten.¹⁹

17 Vgl. Siegert: »The Map Is the Territory«.

18 Vgl. San Francisco Maritime National Park Association: »Historic Naval Sound and Video«. Hier finden sich Digitalisate diverser historischer Hörschulungs-Schallplatten für den militärischen Passivsonarbetrieb.

19 Vgl. Gebauer/Krenz: Marine-Enzyklopädie, S. 448.

Beim Aktivsonar hingegen werden akustische Impulse in die Umgebung ausgesendet und deren reflektierter Rückwurf für die Ortung von feindlichen Objekten benutzt. Das von den Briten entwickelte ASDIC-System verwendete zur Zielfindung dieses Verfahren (vgl. Abb. 2).

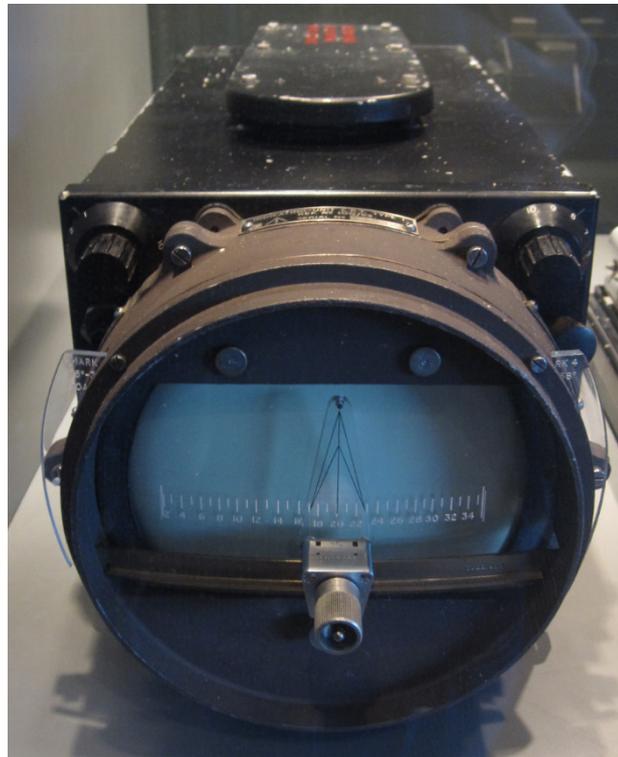


Abb. 2: ASDIC-Anzeigeeinheit um 1944 im Deutschen Technikmuseum Berlin.²⁰

Dabei wird der Effekt ausgenutzt, dass U-Boote – ob im Wasser schwebend oder am Meeresboden liegend – akustische Signale (anders) reflektieren (als ihre Umgebung). Über die Laufzeit, die ein ausgesendetes und reflektiertes Signal bis zu seiner Rückkehr benötigte, ließ sich – wie bei einer Echolotung – aufgrund der angenommenen Schallausbreitungskonstante in Wasser überdies die Entfernung abschätzen. Die richtbaren Hydrophone erlaubten darüber hinaus auch eine fortführend genauer werdende Ortsbestimmung.

Um auf der anderen Seite diesen akustischen Zielfindungsverfahren zu entgehen, waren hauptsächlich zwei Möglichkeiten gegeben. Im navigationellen Sinne lassen sich beide als Maskierung verstehen, die im ersten Fall durch eine Multiplizierung potentieller Ziele und im zweiten Fall durch eine *Verschmelzung* mit der Umgebung, d. h. eine akustische Camouflage, erzeugt wird. Bei beiden Varianten wird die Raumerzeugung der Zielsuchenden manipuliert, um den Navigationsprozess zu stören bzw. zu unterbinden. Das Nachrichtenmittel-Versuchskommando der deutschen Marine entwickelte zur Täuschung von Verfolgern Schwebekörper,

²⁰ ADA - DÄP: »ASDIC display in Berlin Museum of Technology«, Copyright: CC BY-SA 3.0.

die aus den U-Booten ausgestoßen werden konnten. Unter der Bezeichnung Sieglinde firmierte bspw. ein Täuschkörper, der ein mit »etwa 4-6kn fahrendes U-Boot älterer Bauart vortäuschen sollte und ca. 2 km weit zu hören war«²¹. Während derartige Geräte eine Horchpeilung mittels passivem Sonar fehlerfrei sollten, wurden unter dem Decknamen Nebelbold bzw. Bold auch Täuschkörper gegen eine aktive Sonarortung entwickelt. Grundlage hierfür war die experimentelle Erkenntnis, dass Gasblasenwolken im Wasser ein ähnliches Reflexionsverhalten für Schallwellen einer bestimmten Frequenzbreite aufweisen wie feste Schwimmkörper. Die entwickelten Schwebekörper enthielten Kalziumhydrit, das den ausgestoßenen Käfig in Wasser für bis zu 45 min lang eine Wolke aus Wasserstoffbläschen produzieren lassen konnte. »Bereits 3 bis 5 derartige Käfige ergaben in ca. 20 m Wassertiefe über mehr als eine halbe Stunde ein besseres Echo als ein U-Boot in Bug- oder Hecklage zum ortenden Schiff.«²²

4. ORTE OHNE ZEIT

Vor allem in der aktiven Sonarpeilung und deren Abwehr wird die raumzeitliche Dimension des Akustischen als navigationelle Grundlage deutlich. So banal sie klingen mag, ist die Feststellung entscheidend, dass die Verfahren der Kartierung wie der Ortung zu dieser Zeit vornehmlich akustische sind. Sie basieren darauf, der zeitbasierten Ausbreitung von Schall Rauminformationen abzugewinnen. Die Transformation von Zeit in Raum ist das Fundament für die territorial verstandene Aneignung des Maritimen, d.h. der Transformation einer terra incognita in ein operating environment.²³ Die erfolgreiche Entwicklung der dafür notwendigen Techniken überkreuzte sich im kriegerischen Wettrüsten zur See mit einem bedeutenden Strang der raumakustischen Forschung, der unter den Auspizien einer objektiven experimentellen Wissenschaft vom Gegenteil getrieben war, nämlich zur Vermessung von akustischen Raumeffekten den Raum zunächst zum Verschwinden zu bringen. An diesem Berührungspunkt beider Forschungsstränge lassen sich die akustischen Forschungsgeschichten von Land und Meer zur Nutzung für navigationelle Praktiken verzahnen.

Mit Kriegsbeginn 1939 wurde das Heinrich-Hertz-Institut für Schwingungsforschung (HHI) in Berlin für kriegsrelevante Forschungen eingespannt. Seit dessen Gründung 1929 leitete Erwin Meyer, der gleichzeitig Professor an der TH Berlin-

21 Rössler: Die Sonaranlagen der deutschen Unterseeboote, S. 143.

22 Ebd.

23 Vgl. »A Symposium: The Ocean as the Operating Environment of the Navy (Office of Naval Research), June 1958«, File 2800472/2800473. Diese Gegenüberstellung soll unterstreichen, dass das Meer erst als territorialisierbar, sozusagen in seiner terrestrischen Potenz verstanden und diesem Raumparadigma unterworfen werden musste, um es als Operationsraum zu erschließen. Diese ideengeschichtliche Aneignung lässt sich nicht von der Geschichte der Medien und Techniken dieses Beherrschbarmachungsphantasmas lösen.

Charlottenburg war, dort die Abteilung für Akustik. In der zweiten Hälfte der 30er Jahre entstanden weltweit reflexionsarme Räume zur Schaffung von Freifeldbedingungen für die akustische Ausmessung von Materialien und Objekten unter Laborbedingungen.²⁴ Die dabei noch heute gebräuchliche Verwendung und Anordnung von stoffüberzogenen Schluckstoffkeilen aus porösem Material geht auf die Forschungen einer Gruppe um Erwin Meyer zurück, die zur Einrichtung eines solchen Raumes am HHI bis 1939 erfolgten (vgl. Abb. 3).²⁵

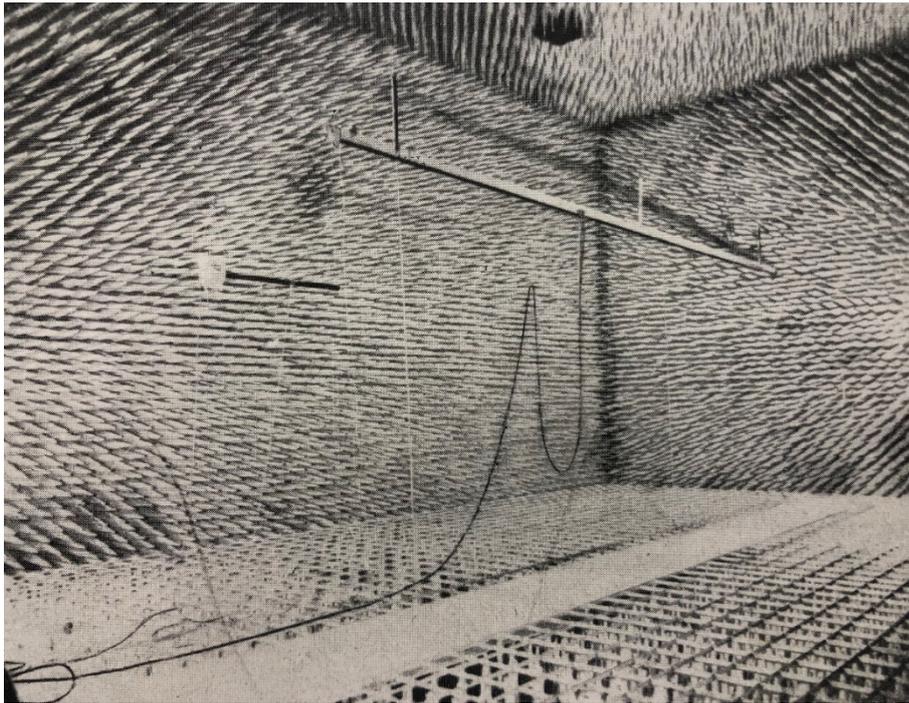


Abb. 3: Photo eines nachhallfreien Raums mit Schluckstoffkeilen am HHI 1939.²⁶

Die internationale Bekanntheit von Meyer auf dem Gebiet der Luftschallabsorption führte mit Eintritt des Krieges zur Forschung an der Abwehr akustischer Unterwasserschallortung am HHI im Auftrag des Oberkommandos der Kriegsmarine. Das HHI erforschte bereits disziplinübergreifend elektrische, elektromagnetische sowie akustische Schwingungsphänomene in den vier Bereichen Hochfrequenztechnik, Fernsprech- und Telegraphentechnik, Akustik und Mechanik. Meyer galt auch später, während seiner Zeit als Professor und Leiter des Dritten Physikalischen Instituts in Göttingen nach dem Krieg, als Pionier und Verfechter übergreifender Schwingungsforschung. Mithilfe der dort errichteten Versuchsanlagen erforschte er mit seinem Team Analogien zwischen elektromagnetischen Wellen und

24 Vgl. von Fischer: Das akustische Argument, S. 74ff.

25 Vgl. Meyer u.a.: »Eine neue Schallschluckanordnung hoher Wirksamkeit und der Bau eines schallgedämpften Raumes«.

26 Meyer u.a.: »Eine neue Schallschluckanordnung hoher Wirksamkeit und der Bau eines schallgedämpften Raumes«, S. 361, Copyright: S. Hirzel Verlag.

Schallwellen in Luft und Wasser.²⁷ Für die Forschungen zur Abwehr der aktiven Sonarpeilung während des Zweiten Weltkriegs übertrug Meyer seine Erkenntnisse zu Luftschallschluckstoffen auf die Gestaltung und Anordnung von frequenzabhängig unterschiedlich großen »dreieckigen Gummiprismen von 1 cm Dicke auf der zu tarnenden Zielfläche, wobei die Spitzen in Richtung der auftreffenden Schallwelle zeigten«²⁸. Am Standort Pelzerhaken des Nachrichtenmittel-Versuchskommandos wurden Unterwasserschall-Versuchsbecken errichtet und mit den unter dem Decknamen Fafnir geführten »Drachenzähnen« aus Gummi ausgekleidet.²⁹ Die akustischen Resultate waren äußerst zufriedenstellend, aber die sehr strömungsanfällige Anordnung eignete sich analog zur Verwendung für Luftschall am ehesten für die Auskleidung von Messbecken, weniger für die Beklebung von U-Boot-Außenhäuten (vgl. Abb. 4).

In der Einleitung zu einem 1952 veröffentlichten Artikel zur Wasserschallabsorption rekapitulierte Erwin Meyer freimütig die kriegsbedingten Forderungen an die Gestaltung von Schallschluckstoffen für U-Boote:

Die schiffbaulichen Anforderungen an solche Stoffe sind außerordentlich groß, u.a. werden eine geringe Schichtdicke, ein sehr geringes Gewicht, eine möglichst glatte Oberfläche, sowie eine starre, jeden Seegang und jede Fahrtgeschwindigkeit aushaltende Befestigung an der Bordwand verlangt. Der Lösungsweg ist durch diese Forderungen vorgezeichnet. Wenn überhaupt, kann eine Lösung nur in einem Schallschlucker gefunden werden, der nach dem Resonanzprinzip arbeitet; denn nur in diesem Falle ist es möglich, mit Schichtdicken auszukommen, die einen Bruchteil der vorkommenden Wellenlängen betragen und außerdem die anderen schiffbaulichen Bedingungen erfüllen.³⁰

Die bereits weiter oben erwähnte weitläufige Forschung zur akustischen und mechanischen Wirkung von Gasentwicklungen und -ausbreitungen unter Wasser hatte neben der schallreflektierenden Eigenschaft von größeren Gaswolken ebenso die schallabsorbierende Wirkung von kleinen Gasbläschen aufgrund ihrer Resonanzfähigkeit bestätigt. In der Folge entwickelte die Arbeitsgruppe von Meyer eine 2 mm dicke gelochte Gummifolie zum Auftrag auf die U-Boot-Außenhaut, die von einer ebenso dicken Deckfolie überzogen wurde und dadurch in sich die Luftbläschen gewissermaßen einschloss, die abgestimmt auf die Frequenzen der ASDIC-Ortung deren Schallenergie absorbieren konnten (vgl. Abb. 5).

27 Vgl. Guicking: Erwin Meyer, S. 20ff.

28 Rössler: Die Sonaranlagen der deutschen Unterseeboote, S. 127.

29 Vgl. Koch: Geschichtliches über Pelzerhaken (2. Teil), S. 147.

30 Meyer/Oberst: »Resonanzabsorber für Wasserschall«, S. 149.

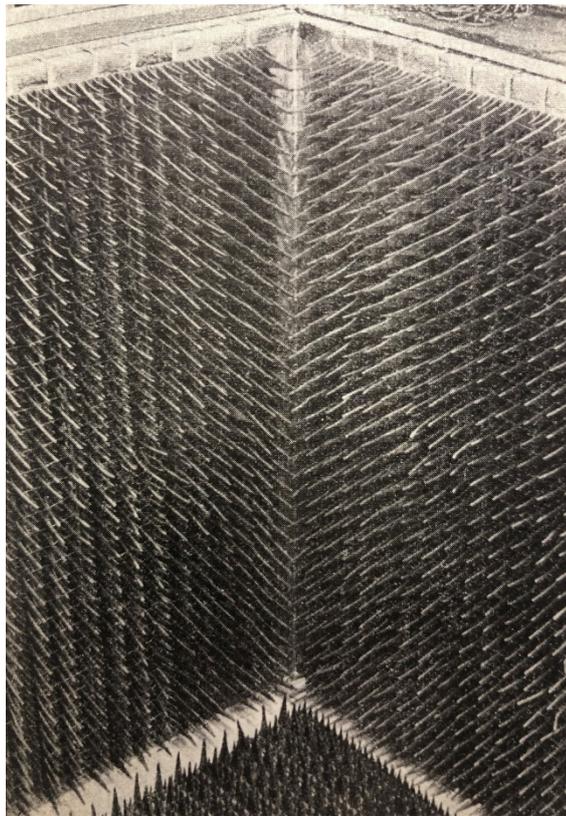


Abb. 4: Photo eines mit Schluckstoffrippen ausgekleideten Wasserschallmessbeckens.³¹

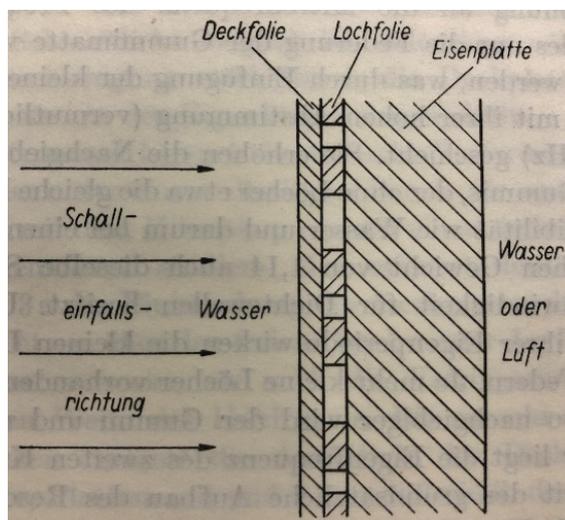


Abb. 5: Schematische Abbildung eines Resonanzabsorbers an einer U-Boot-Außenwand.³²

31 Kuhl: »Über Messungen in einem schallschluckend ausgekleideten Wasserschall-Messbecken«, S. 141, Copyright: S. Hirzel Verlag.

32 Ebd., S. 151, Copyright: S. Hirzel Verlag.

Für das Verständnis der hier tragenden Analogisierung von Luft- und Wasserschallphänomenen ist der Begriff der Transduktion bzw. Transduktionskette notwendig, wie ihn unter anderen Stefan Helmreich und Douglas Kahn geprägt sowie Trevor Pinch und Karin Bijsterveld als Leitbegriff für den *Science & Technology Studies*-Zweig der *Sound Studies* vorgeschlagen haben.³³ Die Schallerzeugung, -ausbreitung und -aufnahme lässt sich hierbei unabhängig vom Ausbreitungsmedium als eine Kette mechanischer Anregungen – akustischer Transduktionen – verstehen. Grundlegend ist hierfür ein diagrammatisches Verständnis von Schall, das in der geometrischen Raumakustik bis heute epistemische Wirkung entfaltet.³⁴ Die Schallausbreitung wird darin als ausgreifendes Strahlenbündel konzipiert: Von einer Quelle ausgehend breiten sich einzelne Schallstrahlen aus und werden transformiert, während sie ein Medium durchqueren oder sobald sie auf Gegenstände oder ähnliche Hindernisse treffen, bis sie entweder *verklingen* oder von einem Empfänger aufgenommen werden. Für die Raumakustik ist diese Schallkonzeption ebenso elementar wie für die aktive Sonarortung und -abwehr. Zur Zielfindung sendet das Aktivsonar einen gerichteten Schallimpuls aus. Folgt man diesem Impuls entlang seiner Ausbreitungsrichtung an einer Stelle der ersten Wellenfront, ergibt sich ein idealisierter Pfeil, der den Weg des Schallimpulses darstellt. Mittels dieser Konzeption des Schallimpulses als Klangstrahl lässt sich die Transformation des Impulses auf seinem Weg als Transduktionskette analysieren und informationell ausbeuten. Dafür werden bestimmte auf die Impulsausbreitung einwirkende Parameter als Filtereffekte einer jeden Transduktion bzw. eines bestimmten Transduktionsabschnittes konzipiert und als konstant angenommen. Das sind bspw. die empirisch gemittelte Abschwächung des Schallimpulses während seiner Fortpflanzung in Meereswasser oder die statistischen Absorptions- und Streuungsgrade, die Schallimpulse aufweisen, wenn sie auf den Meeresboden treffen. Dadurch lässt sich eine statistische Erwartung formulieren, in welcher Qualität und Intensität aus der Unterwasserumgebung zurückgeworfene Schallimpulse wieder beim Impulsaussender ankommen sollten, die dort mittels Hydrophonen aufgenommen und vom ASDIC-Operateur interpretiert werden. Bei der Aufnahme eines intensiven Rückwurfs liegt der Rückschluss nahe, dass sich dieser dem Auftreffen auf eine metallische und deshalb stark schallreflektierende Außenhaut eines U-Boots verdankt; aus der Richtung und Laufzeit des Schallstrahls lassen sich so Rückschlüsse auf die Position des Bootes ziehen. Umgekehrt versuchen Absorber wie Alberich solche Rückschlüsse durch eine Manipulation an dieser Stelle der Transduktionskette zu unterdrücken. Indem sie eine Reflexion des Schallstrahls dadurch abschwächen, dass sie ausreichend Schallenergie binden, wird der Rückwurf entweder gänzlich unterdrückt oder derart gefiltert, dass er dieselbe Beschaffenheit wie ein Rückwurf der natürlichen Umgebung aufweist. Die erfolgreiche technische Umsetzung bzw.

33 Vgl. Helmreich: »An Anthropologist Underwater«; Kahn: *Earth Sound Earth Signal*; Pinch/Bijsterveld: »New Keys to the World of Sound«.

34 Vgl. Kuttruff: *Room Acoustics*, S. 101ff; zur epistemischen Dimension des Diagrammatischen vgl. Krämer: *Figuration, Anschauung, Erkenntnis*.

Anwendung dieses Denkens in Transduktionsketten zum *sounding out* maritimer Umgebungen führt, wie bereits angedeutet, zur raumerzeugenden Aneignung einerseits, bietet aber auch die Blaupause zur manipulativen Arbeit an diesen Transduktionsbedingungen des Ausleuchtens oder Aushorchens.

Dieser transduktiven Manipulation durch den Resonanzabsorber unter dem Decknamen Alberich waren für einen raschen Erfolg allerdings äußerliche Hürden auferlegt. Bereits im Juni 1941 wurde mit U 67 das erste U-Boot mit der neuen Gummibeschichtung versehen. In der Versuchsanstalt Pelzerhaken und in Erprobungsfahrten wurde die Haltbarkeit der Klebstoffe und Folien erprobt.³⁵ Die akustische Wirkung der Gummibeschichtung war überzeugend, die Wirkung des Klebstoffs indes nicht. Die Entwicklung eines geeigneten Klebers und Auftrageverfahrens nahm derart viel Zeit in Anspruch, dass trotz ihrer nachgewiesenen Wirksamkeit bis zum Ende des Krieges gerade einmal eine Handvoll U-Boote mit einer Alberich-Haut beklebt worden waren.³⁶ Nach dem Kriegsende wurde die Forschung sofort von den Alliierten aufgegriffen. In einem abenteuerlichen *road trip* fuhr ein alliierter Transporter mit Erwin Meyer auf der Ladefläche von Berlin bis nach Thüringen, um die heimlich angefertigten Abschriften zum Alberich-Projekt aus dem Versteck auf dem Dachboden des schwiegerelterlichen Hauses zu holen und der alliierten Kriegsmarine zur Verfügung zu stellen.³⁷ Die mittlerweile freigegebenen Akten der *British Navy* zeugen bis in die 1970er Jahre hinein von der Weiterentwicklung reflexionsfreier U-Boot-Beschichtungen auf Grundlage der deutschen Kriegsforschung.³⁸ Auch wenn gegenwärtig andere – smarte – Materialien konzipiert und erforscht werden, ist diese Anwendungshoffnung nicht weniger präsent. So prangt über dem Text eines Online-Artikels vom März 2020, in dem die *University of Southern California* ihre neuesten Forschungsergebnisse zu smarten akustischen Materialien vorstellt, ein computergeneriertes Bild eines futuristischen Stealth-U-Boots, das sinnbildlich für die Anwendungsmöglichkeiten sogenannter »acoustic metamaterials« steht.³⁹ Auch im Forschungsartikel selbst wird nicht geizt mit derartigen Andeutungen: »[T]he present paradigm may find broad engineering applications, ranging from noise control and audio modulation to sonic camouflage.«⁴⁰

35 Vgl. Koch: Geschichtliches über Pelzerhaken (2. Teil), S. 147.

36 Vgl. Rössler: Die Sonaranlagen der deutschen Unterseeboote, S. 139.

37 Berichtet von Dieter Guicking, dem Schwiegersohn Erwin Meyers, in einer Unterhaltung mit dem Autor im Jahr 2019; geschildert nach Meyers persönlicher Erzählung.

38 Vgl. z.B. TNA ADM 341/17 »Materials Department Papers presented at the IEP B-62 Workshop on Acoustic Coatings (29 – 31 January 1979)«.

39 University of Southern California: »Future Sound ›Computer‹ Using New Acoustic Smart Material Inspired by Shark Skin«.

40 Lee u.a.: Sharkskin-Inspired Magnetoactive Reconfigurable Acoustic Metamaterials, S. 1.

5. ABSORPTION UND NAVIGATION

Die herausgestellte wissenschaftshistorische Verknüpfung der transduktiven Manipulation im Rahmen der Alberich-ASDIC-Abwehr und der Forschungsgeschichte nachhallfreier Laborräume macht die navigationshemmende Strategie ersterer als eine Unterbindung der Transformation von Zeit- in Rauminformationen deutlich. Schalltote Räume, die keine akustische Information über die Laufzeit und Intensität von Reflexionen vermitteln, zeitigen keine Raumwirkung. Sie erzeugen das akustische Paradox raumloser Räume. Das Ideal eines solchen akustischen Labors ist das sogenannte Freifeld, eine in alle Richtungen unbegrenzte offene Umgebung.⁴¹ Die Simulation der Grenzenlosigkeit wird über die nahezu vollständige Absorption an den Wänden angestrebt. Dem Paradigma eines raumlosen Raums analog versuchte die Forschung zur Alberich-Haut, aus dem U-Boot ein ortloses Objekt zu machen. Die Arbeit an der zugrundeliegenden Transduktionskette der Zielfindung zielte darauf ab, das Objekt dadurch zum Verschwinden zu bringen, indem es dem navigationellen Verfahren der Raumerzeugung entzogen, d.h. enträumlicht wurde. Im Rahmen einer jeden Navigation gibt es keine Objekte, die keinen Ort haben bzw. umgekehrt, gibt es Objekte nur, weil sie einen Ort haben.

In diesem Sinne wird die Absorption als akustische Figur zur Gegenspielerin einer jeden Navigation, weil sie keine Antwort mehr auf die vor jedem *routing* zu klärenden Fragen zulässt: Wo bin ich bzw. wo ist mein Ziel? Wo akustische Medien benötigt werden, um navigieren zu können, braucht es Rückwürfe oder Emissionen, um den navigationellen Operationsraum zu erzeugen. Reflektierende oder selbstschwingende Grenzflächen erzeugen die notwendige Differenz, die Meeresböden, Felsen, Seetiere und -pflanzen oder Boote, kurz: Grenzen, Hindernisse und Ziele erscheinen lassen. Diese Territorialisierung des Meeres, die Vergegenständlichung seiner Grenzen und Ränder, bringt das Meer selbst zum Verschwinden, indem es *ex negativo* als operables navigationelles *Terrain* freilegt wird. Die Absorption bildet die epistemische Kehrseite dieses transduktiven Paradigmas. In einem Freifeld ließe sich dergestalt schlicht nicht navigieren.

LITERATURVERZEICHNIS

»A Symposium: The Ocean as the Operating Environment of the Navy (Office of Naval Research), June 1958«; File 2800472/2800473; Records Relating to Electronic Equipment Design, Modification, and Installation, 1942-1966; Records of the Bureau of Ships, 1940-1966, National Archives at College Park, College Park, MD.

ÄDA - DAP: »ASDIC display in Berlin Museum of Technology«, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=29087111>, 02.12.2021.

41 Vgl. von Fischer: Das akustische Argument, S. 73f.

- Das unsichtbare Netz. Guglielmo Marconi – Pionier der drahtlosen Kommunikation (Deutschland 2011, Regie: Axel Engstfeld).
- Foucault, Michel: »Andere Räume«, in: Barck, Karlheinz u.a. (Hrsg.): Aisthesis. Wahrnehmung heute oder Perspektiven einer anderen Ästhetik, Leipzig 1990, S. 34-46.
- Gebauer, Jürgen/Krenz, Egon (Hrsg.): Marine-Enzyklopädie, Berlin 1998.
- Gillis, John R.: »Taking History Offshore. Atlantic Islands in European Minds, 1400-1800«, in: Edmond, Rod/Smith, Vanessa (Hrsg.): Islands in History and Representation, London/New York 2003, S. 19-31.
- Guicking, Dieter: Erwin Meyer. Ein bedeutender deutscher Akustiker. Biographische Notizen, Göttingen 2012.
- Hagen, Wolfgang: Das Radio. Zur Theorie und Geschichte des Hörfunks – Deutschland/USA, München 2005.
- Helmreich, Stefan: »An Anthropologist Underwater. Immersive Soundscapes, Submarine Cyborgs, and Transductive Ethnography«, in: American Ethnologist, Jg. 34, Nr. 4, 2007, S. 621-641.
- Hutchins, Edwin: Cognition in the Wild, Cambridge, MA 1996.
- Kahn, Douglas: Earth Sound Earth Signal. Energies and Earth Magnitude in the Arts, Oakland 2013.
- Koch, Johannes Hugo: »Geschichtliches über Pelzerhaken (2. Teil)«, in: Jahrbuch für Heimatkunde Oldenburg/Ostholstein, Jg. 45, 2001, 133-160.
- Krämer, Sybille: Figuration, Anschauung, Erkenntnis. Grundlinien einer Diagrammatologie, Berlin 2016.
- Kraus, Alexander/Winkler, Martina: »Weltmeere. Für eine Pluralisierung der kulturellen Meeresforschung«, in: dies. (Hrsg.): Weltmeere. Wissen und Wahrnehmung im langen 19. Jahrhundert, Göttingen 2014, S. 9-24.
- Kuhl, Walter: »Über Messungen in einem schallschluckend ausgekleideten Wasserschall-Messbecken«, in: Acustica, Jg. 2, Akustische Beihefte 3, 1952, S. 140-144.
- Kuttruff, Heinrich: Room Acoustics, Abingdon/New York 2009.
- Lee, Kyung Hon u.a.: »Sharkskin-Inspired Magnetoactive Reconfigurable Acoustic Metamaterials«, in: Research, 2020, 1-13.
- Meyer, Erwin u.a.: »Eine neue Schallschluckanordnung hoher Wirksamkeit und der Bau eines schallgedämpften Raumes«, in: Akustische Zeitschrift, Jg. 5, Nr. 6, 1940, S. 352-364.
- Meyer, Erwin/Oberst, Hermann: »Resonanzabsorber für Wasserschall«, in: Acustica, Jg. 2, Akustische Beihefte 3, 1952, S. 149-170.
- Pinch, Trevor/Bijsterveld, Karin: »New Keys to the World of Sound«, in: dies. (Hrsg.): The Oxford Handbook of Sound Studies, Oxford 2012, S. 3-35.

- »Report of Interrogation of Survivors of ›U 574,‹ a 500-Ton U-Boat, Sunk at About 0425 on 19th December, 1941, in Position 38° 15' N. and 17° 16' W., 28.12.1941« in: TNA ADM 219/542 »Interrogation of U-Boat Survivors, and Summary of U-Boat Tactics. Index to British Intelligence Reports«.
- »Report on the Interrogation of Survivors From U67, Sunk on 16 July 1843, Lt. Kuhn, Navy Department, Office of the Chief of Naval Operations, Washington, 16.8.1943, O.N.I. 250 – G/Serial 16«; File 5711651; Interrogation Reports 1943-1944; Records of Headquarters, European Theater of Operations, United States Army (World War II), 1942-1947; National Archives at College Park, College Park, MD.
- Rössler, Eberhard: Die Sonaranlagen der deutschen Unterseeboote. Entwicklung, Erprobung, Einsatz und Wirkung akustischer Ortungs- und Täuschungseinrichtungen der deutschen Unterseeboote, Bonn 2006.
- San Francisco Maritime National Park Association: »Historic Naval Sound and Video«, <https://maritime.org/sound/>, 02.12.2021.
- Schmitt, Carl: Der Nomos der Erde im Völkerrecht des Jus Publicum Europaeum, Berlin 2011.
- Siegert, Bernhard: »The Map Is the Territory«, in: Radical Philosophy, Jg. 169, 2011, S. 13-16.
- Stealth Sub (UK 2008, Deutsche Version 2009, Regie: Crispin Sadler).
- TNA [The National Archives] ADM 341/17 »Materials Department Papers presented at the IEP B-62 Workshop on Acoustic Coatings (29 – 31 January 1979)«.
- »›U 135‹ Interrogation of Survivors, November 1943« in: TNA HS 8/767 »Anti-Submarine Campaign. Interrogation of U-Boat Survivors«.
- University of Southern California: »Future Sound ›Computer‹ Using New Acoustic Smart Material Inspired by Shark Skin«, <https://scitechdaily.com/future-sound-computer-using-new-acoustic-smart-material-inspired-by-shark-skin/>, 02.12.2021.
- van Dijk, Nathanja u.a. (Hrsg.): Navigating Noise, Köln 2017.
- von Fischer, Sabine: Das akustische Argument. Wissenschaft und Hörerfahrung in der Architektur des 20. Jahrhunderts, Zürich 2019.