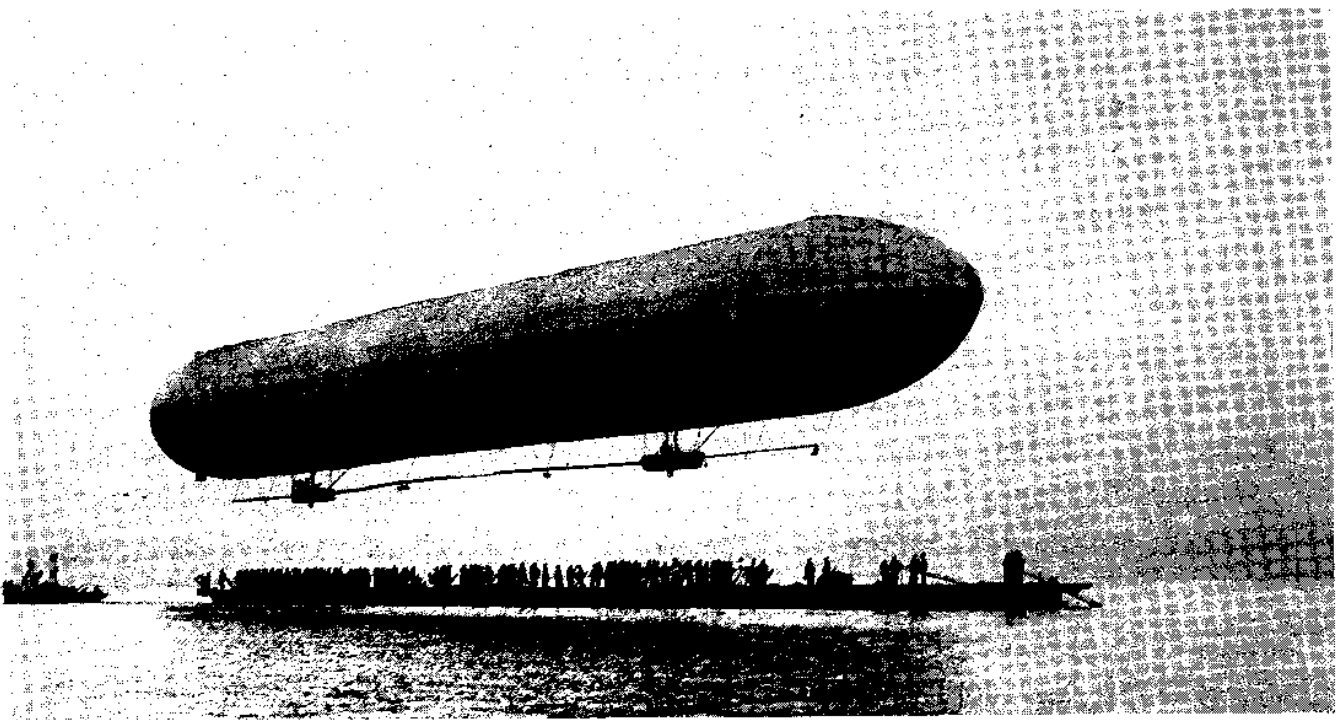


»KRIEG DER INGENIEURE«: DAS MECHANISIERTE SCHLACHTFELD

Militärische und zivile Technik

Der Zeitraum von 1914 bis 1945 ist durch zwei Weltkriege geprägt, durch welche die Vernichtungskraft der Militärtechnik auf schreckliche Weise verdeutlicht wurde. Obwohl viele Zeitgenossen – mit gutem Grund – eine deutliche Trennung zwischen militärischer und ziviler Technik vornahmen, sind die Beziehungen zwischen beiden Bereichen eng. Sowohl in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts als auch in früheren Zeiträumen offenbart sich die Doppelgesichtigkeit der Technik mit militärischen und zivilen Komponenten. Dabei ist nicht immer eindeutig, ob der Ursprung bestimmter militärisch genutzter technischer Geräte oder Verfahren im militärischen oder zivilen Bereich lag. In der Regel bestehen hier enge Wechselwirkungen.

Sie wurden zum Beispiel bei der Entwicklung des Zeppelins oder im Lokomotiv- und Panzerbau deutlich. Graf Zeppelin beabsichtigte zunächst eine militärische Anwendung seines Luftschiffes. Trotz der offensichtlichen Anfälligkeit beim Einsatz im Krieg besaß es in bezug auf Reichweite und Tragfähigkeit deutliche Vorteile gegenüber Flugzeugen. Nach Gründung seines Luftschiffbaukonzerns im Jahr 1908 schuf Graf Zeppelin eigene Firmen für den Bau der wichtigsten Komponenten seines Luftschiffes. Hierdurch legte er das wirtschaftliche Risiko seines Unternehmens in mehrere Hände und eröffnete diesen Spezialfirmen die Möglichkeit, auf ihren jeweiligen Gebieten weitere Entwicklungsarbeiten zu leisten. Diese kamen später sowohl dem Luftschiffbau als auch der Technik in anderen Bereichen zugute. Die Firmen des Zeppelin-Konzerns, vor allem Maybach-Motorenbau, Luftschiffbau-Zeppelin und Flugzeugbau Friedrichshafen, initiierten bahnbrechende Entwicklungen im Motorenbau, im Getriebebau und in der Leichtmetallverarbeitung. Neben Auswirkungen auf den Flugzeugbau ergaben sich solche auf den Automobilbau und sogar auf die Raumfahrttechnik. Der Luftschiffbau vermittelte auch Anstöße zum Gebrauch und zur Verarbeitung von Aluminium. Verfahren der Zieh- und Blechprägetechnik zur Erhöhung der Festigkeit und Versteifung einzelner Bauelemente, die später große Bedeutung im Flugzeugbau erlangten, hatten hier ihren Ursprung. Die Vorzüge des Luftschiffes, lange Strecken mit großen Lasten zurücklegen zu können, besaßen eine Vorbildfunktion für den späteren interkontinentalen Flugverkehr. Aber nicht nur für die zivil genutzte Technik, sondern auch für die Luftkriegführung gab der Zeppelin Anstöße. Die Deutsche Luftschiffahrts-Aktiengesellschaft (DELAG) bildete vor dem Ersten Weltkrieg die militärischen Besatzungen für die im Krieg



68. Zeppelin-Luftschiff »LZ1« über dem Floß vor seiner schwimmenden Halle auf dem Bodensee. Photographie, 2. Juli 1900

eingesetzten Luftschiffe aus. Die Verwendung des Zeppelins im Ersten Weltkrieg steht auch am Anfang des strategischen Bombenkrieges, der großräumigen Fernaufklärung über See sowie verbundener Operationen von See- und Luftstreitkräften. Auf diesen Erfahrungen aufbauend, entstanden elektronische Funknavigation und Luftfahrtmeteorologie. Sie fanden nach 1918 beim Aufbau des interkontinentalen Luftverkehrs Anwendung.

Eine ähnliche Doppelgesichtigkeit von ziviler und militärischer Technik verdeutlicht die Produktion mancher Maschinenfabriken. Diese stellten, je nach Bedarf, Lokomotiven, Kampfpanzer oder beides her, wobei ihnen die große Ähnlichkeit im Fertigungsprozeß zugute kam. Insofern bereitete es den deutschen Lokomotivfirmen nach 1933 keine Schwierigkeiten, vom Lokomotivbau auf den Panzer- und Geschützbau umzusteigen. Die Weltwirtschaftskrise und ihre unmittelbaren Folgen hatten die Nachfrage nach Eisenbahnmaterial ohnehin stark gedrosselt. In der Regel fertigten die Lokomotivfabriken neben den militärischen auch zivil verwendbare Produkte, etwa Lastkraftwagen. Im Zuge der verstärkten Aufrüstung ab 1936 dominierte aber die Rüstungsproduktion. Mit der Fertigung von »Kriegslokomotiven« ab 1942 griffen die mit der Panzerfertigung befaßten Firmen dann wieder auf ihr angestammtes Gebiet des Baus von Lokomotiven zurück. Sie wurden nun freilich unter Kriegsbedingungen genutzt.

Sicherlich läßt sich das häufig zitierte Wort Heraklits (um 550–480 v. Chr.) vom

Krieg als dem »Vater aller Dinge« für die Technik nur beschränkt verifizieren. Oft lagen die Ursprünge von militärisch genutzten Technologien eindeutig im zivilen Bereich. Die mit ihrer Entwicklung verbundenen erheblichen Kosten führten aber häufig dazu, daß der Staat diese Arbeiten finanziell unterstützte. Dies gilt vor allem für Spannungs- und Kriegszeiten. Ein Beispiel bietet die Raketenentwicklung, bei der in den zwanziger Jahren russische, amerikanische und deutsche Wissenschaftler zunächst nichtmilitärische Absichten verfolgten. Seit dem Ende der dreißiger Jahre dominierten dann militärische Zwecke.

Allerdings bemühten sich die Militärs keineswegs bei jeder neu auftretenden, militärisch nutzbaren Technik um einen schnellen Einsatz. Besonders in Kriegs-, aber auch in Krisenzeiten verhielt man sich neuen Technologien gegenüber immer dann reserviert, wenn ein rascher militärischer Einsatz nicht gewährleistet zu sein schien. Im Falle von Hiram Maxims (1840–1916) 1885 patentiertem Maschinengewehr entschloß sich die amerikanische Armee erst nach langem Zögern zu einem Einsatz. Als Begründung wurden technische Mängel und die Schwierigkeit des Munitionsnachschubs im Felde genannt. Auf ähnliche Schwierigkeiten stießen die



69. Vorführung eines schweren amerikanischen Tanks vor Absolventen der Militärakademie von West Point. Photographie, 1934

Brüder Wright bei dem Versuch, den amerikanischen Streitkräften ihr neu entwickeltes Flugzeug anzudienen. Das Militär sah einen raschen Einsatz als nicht gesichert an. Auch für den Panzer schien zunächst kein militärisches Bedürfnis zu bestehen. Hier setzte sich ein Zivillist in der britischen Admiralität, Winston Churchill (1874–1965), für den Tank als ein »zu Land verwendbares Kriegsschiff« ein. Die Zurückhaltung des Militärs hatte mehrere Gründe: Technische Mängel schufen Mißtrauen hinsichtlich eines späteren militärischen Einsatzes. Häufig waren langwierige und daher kostspielige Entwicklungsarbeiten mit ungewissem Ausgang erforderlich. Zudem behinderten bürokratische, innovationsfeindliche Strukturen des Militärs die Einführung technischer Neuerungen. Dies hing mit der Ausbildung und dem Selbstverständnis der Offizierskorps in den einzelnen Ländern zusammen, bei denen die Technik – mit geringen nationalen Unterschieden – eine untergeordnete Rolle spielte. In den beiden Weltkriegen, aber schon in früheren Epochen, hinkten taktisches und strategisches Denken in der Regel den technischen Möglichkeiten hinterher.

Gleichwohl sind die militärischen Ursprünge später auch zivil genutzter Technologien Legion: Strahltriebwerke, Radar, Computer und die friedliche Nutzung der Kernenergie ragen heraus. Präzisionsverfahren der Fertigungstechnik fanden im 19. Jahrhundert zunächst in der Massenproduktion von Handfeuerwaffen Anwendung. Höchste Präzision sowie Beweglichkeit und Funktionszuverlässigkeit, auch unter extremen Bedingungen, stellten Anforderungen dar, die häufig über zivile Erfordernisse hinausgingen. Viele Neuerungen im Flugzeugbau nach dem Zweiten Weltkrieg hatten ihren Ursprung in der Militärtechnik, so die Antriebsaggregate, die Flugzeugzellen mit den zu ihrer Herstellung erforderlichen Werkstoffen, die Sicherheitssysteme und die Produktionsverfahren. Dies gilt nicht zuletzt für das zivile Strahlverkehrsflugzeug »Boeing 707«, das aufgrund der beim Bau des B-52-Bombers gewonnenen Erfahrungen zunächst als Transportflugzeug für die US-Luftwaffe entwickelt worden ist. Seit dem Ende der fünfziger Jahre kam es als ziviles Flugzeug zum Einsatz.

Die Komplexität des Verhältnisses von militärischer und ziviler Technik wird am Beispiel der Flugzeugentwicklung während des Ersten Weltkrieges und ihrer Bedeutung für die Zwischenkriegszeit besonders deutlich. Während des Krieges wurden weltweit rund 200.000 Flugzeuge produziert, nachdem es in der Zeit zuvor nur wenige tausend gewesen sind. Diese Tatsache veranlaßte viele zeitgenössische Beobachter zu der Annahme, die Flugzeugtechnik habe durch den Krieg einen wesentlichen Technologieschub erfahren und der Flugzeugentwicklung nach dem Krieg wichtige Impulse vermittelt. Vertreter dieser These verwiesen auf den allgemein hohen Standard von Rüstungsprodukten und auf die Möglichkeit ihrer Erprobung unter extremen Bedingungen. Niemals zuvor seien in derart kurzer Zeit technische Neuerungen in solchem Umfang in die Praxis eingeführt worden. Kriti-

ker hoben die unterlassenen Innovationen im zivilen Bereich und die Unterbrechung des Technologietransfers hervor. In der Tat wurden während des Ersten Weltkrieges verschiedene technische Neuerungen in den Flugzeugbau eingebracht. Ihre Ursprünge liegen jedoch oft in den Jahren vor dem Krieg. Allerdings bewirkte der Krieg im Sinne eines Katalysators eine Beschleunigung des Innovationsprozesses. Auf der anderen Seite setzten sich wesentliche Neuerungen, wie das Metallflugzeug und die konsequente Umsetzung aerodynamischer Kenntnisse in die Praxis, erst in den dreißiger Jahren durch.

Nachdem Aluminium schon vor dem Ersten Weltkrieg beim Bau von Luftschiffen, Flugzeugmotoren und Kraftstoffbehältern verwendet worden ist, konstruierte Hugo Junkers 1915 das erste Metallflugzeug, die J 1, aus Stahlblech. Die deutschen Militärs mißtrauten diesem neuen, auf dem Flugzeugsektor noch unerprobten Werkstoff, bestellten aber nach längerem Zögern 6 Probeflugzeuge. Wegen des erheblichen Gewichts von Stahlblech verwendete Junkers kurz darauf Duraluminium. Trotz des Verbots deutscher Flugzeugentwicklungen durch den Versailler Vertrag führten Flugzeugkonstrukteure wie Adolf Rohrbach und Claude Dornier die während des Krieges begonnene Entwicklung von Metallflugzeugen weiter. Deren Durchsetzung vollzog sich jedoch wegen ständiger Verbesserungen am Holzflugzeug nur langsam. Zudem bereitete das Metallflugzeug verschiedene Probleme: Die verhältnismäßig schweren Tragflächen brachen aus Gründen struktureller Instabilität rasch ab, und Korrosion des Duraluminiums verursachte Flugzeugabstürze. Nach Beseitigung dieser Mängel verdrängte das Metallflugzeug in den frühen dreißiger Jahren das Holzflugzeug. Ähnliches gilt für den verstellbaren Metallpropeller, der als Start- und Landehilfe dienen und die Flugeigenschaften verbessern sollte. Militärische Stellen in Großbritannien und den Vereinigten Staaten führten gegen Ende des Ersten Weltkrieges systematische Versuche durch. Doch erst 1933 brachte die amerikanische Firma Pratt and Whitney eine reibungslos funktionierende, hydraulisch verstellbare Luftschaube für ein DC-1-Verkehrsflugzeug heraus.

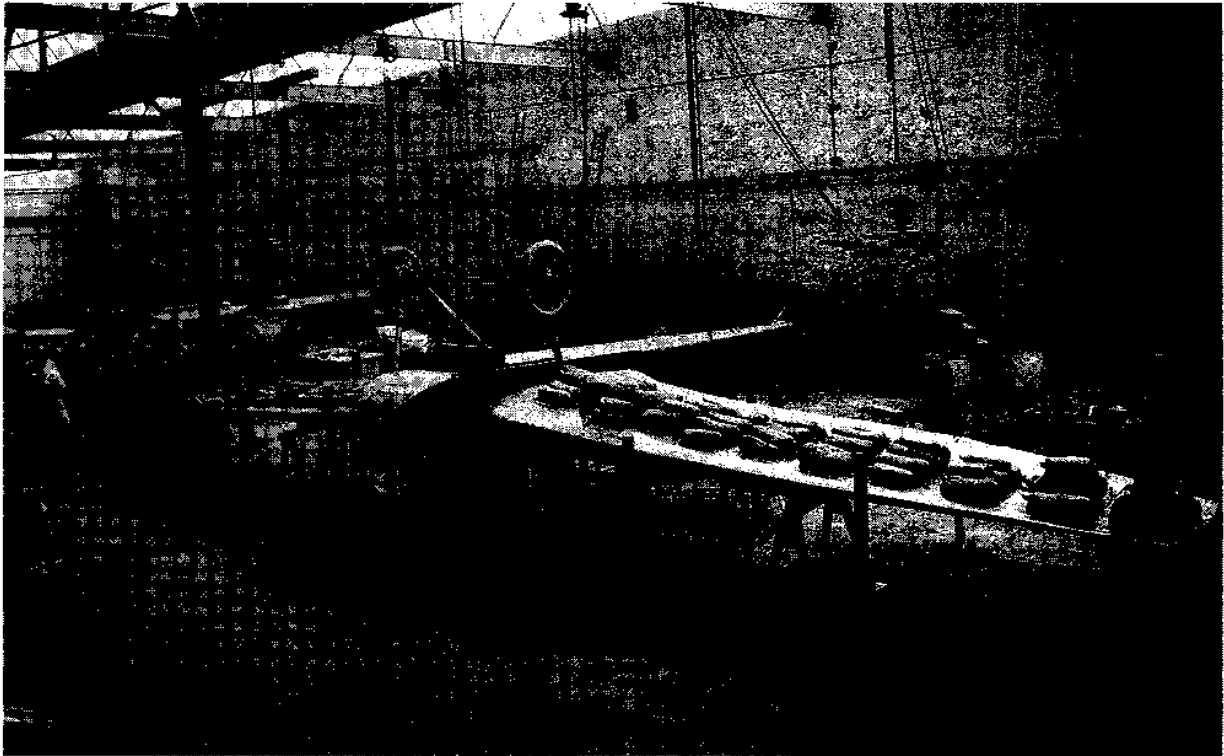
Aerodynamische Forschungs- und Entwicklungsarbeiten wurden durch den Ersten Weltkrieg beträchtlich beschleunigt, nachdem sie bereits um die Jahrhundertwende in Deutschland, Großbritannien und Frankreich begonnen hatten. Die Aerodynamische Versuchsanstalt in Göttingen installierte 1916/17 einen neuartigen Windkanal, der die Untersuchungsmöglichkeiten stark verbesserte. Gleichwohl übten die aufwendigen aerodynamischen Testreihen keinen unmittelbaren Einfluß auf die Flugzeugkonstruktion im Krieg aus. Für eine intensive Zusammenarbeit zwischen den Laboratorien für Aerodynamik und den Flugzeugfirmen fehlte die Zeit. Erstere hatten ihre Untersuchungen langfristig angelegt, letztere benötigten die rasche Anwendung. Weiterführende Untersuchungen schlugen sich erst im Flugzeugbau der späten zwanziger Jahre nieder. Der Flugzeugkonstrukteur Edmund Rumpler nutzte in den frühen zwanziger Jahren seine Erfahrungen bei der Entwick-



70. Das erste Ganzmetallflugzeug: die J1 von Junkers des Baujahres 1915

lung seines aerodynamisch hervorragenden »Rumpler-Tropfenwagens«; der Luftschiffkonstrukteur Franz Kruckenberg baute in den dreißiger Jahren seinen »Schienen-Zeppelin«, einen Propeller-Triebwagen, der einen Geschwindigkeitsrekord für schienengebundene Fahrzeuge aufstellte.

Größere Reichweiten der Flugzeuge und höhere Geschwindigkeiten sowie eine verstärkte Flugabwehr erforderten größere Flughöhen. Bei Höhen über 2.000 Metern ließ die Motorleistung wegen der geringer zugeführten Sauerstoffmenge nach. Deshalb griff der französische Motoren- und Turbinenkonstrukteur Auguste Rateau (1863–1930) auf Versuche der Aufladung von Diesel-Motoren zurück, die er schon vor dem Ersten Weltkrieg durchgeführt hatte. Auf der Grundlage seiner Arbeiten begann das »Royal Aircraft Establishment« in England 1915 mit der Entwicklung von Abgasturboladern. Ein hier gebautes mehrstufiges Zentrifugalgebläse fand aber erst im Jahr 1926 praktische Anwendung. In den USA baute General Electric in Anlehnung an Rateau gegen Kriegsende einen Abgaslader. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse wurden allerdings erst im Zweiten Weltkrieg beim Bau der B-17-Bomber – der »Fliegenden Festungen« – in größerem Umfang genutzt. Auch hier dauerten also die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten viele Jahre. Ergaben sich bei der Aufladung von Flugzeugmotoren nach dem Ersten Weltkrieg Schwierigkeiten, so setzte sich dieses Prinzip beim Bau von Kraftfahrzeugmotoren schneller durch. Dies gilt vor allem für Rennwagenmotoren. Von der Aufladung profitierten Motoren für große und entsprechend teure Automobile, nicht jedoch kleinere in Massenproduktion hergestellte Kraftfahrzeugmotoren. Zudem lenkten die erfolgreichen Versuche mit Kompressormotoren wohl manche Automobilfirma von der Entwicklung kleinerer Motoren ohne Aufladung ab. In den USA wandten Chrysler-Ingenieure die Kenntnisse, die sie während des Ersten Weltkrieges bei der Entwick-



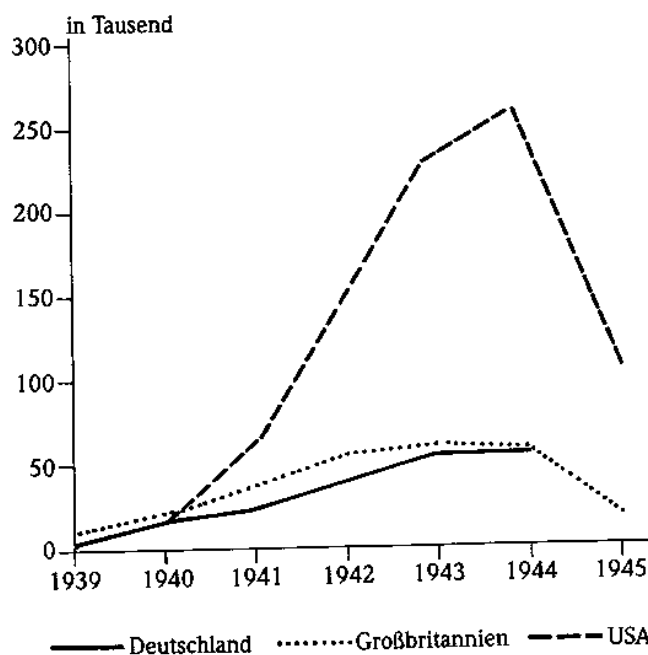
71. Belastungsprobe der J1 von Junkers. Photographie, Dezember 1915

lung von Flugzeugmotoren mit hoher Verdichtung erworben hatten, auf den Bau von Kraftfahrzeugmotoren an. Auch die während des Krieges begonnene Entwicklung von Zylinderkolben aus Aluminium fand später Eingang in die Produktion von Kraftfahrzeugmotoren. Ähnliches trifft auf kloppfreie Motortreibstoffe zu. Aufbauend auf Entwicklungsarbeiten in Großbritannien und Frankreich während des Ersten Weltkrieges, entdeckten Ingenieure des Konzerns General Motors 1921 die Antiklopfeigenschaften des Tetraethylbleis. Dieses war bereits während des Krieges auf seine Einsatzmöglichkeiten in der chemischen Kriegführung geprüft worden.

Die Serienproduktion von Kraftfahrzeugmotoren in europäischen Ländern einschließlich Deutschlands in den zwanziger Jahren war ein direktes Ergebnis der Fertigung Tausender von Flugzeugmotoren während des Krieges. In den USA galt der Bau des »Liberty-Flugzeugmotors«, der ab 1917 erfolgte, als Vorbild für die spätere Produktion von Kraftfahrzeugmotoren. Flugzeugrümpfe wurden im Ersten Weltkrieg zwar auch in Großserie hergestellt. Doch angesichts der Tatsache, daß sie aus Holz bestanden, hatte die Großserienfertigung nur einen geringen Einfluß auf den Produktionsprozeß nach dem Krieg. Die Flugzeugmotorenherstellung hingegen wirkte in starkem Maße auf die Präzisionsfertigung und die Handhabung sehr kleiner Toleranzen ein. Allerdings erwies sich die Großserienproduktion nur weniger Flugzeugtypen auch als nachteilig für die Durchsetzung von Verbesserungsinnovationen. Die Konzentration auf wenige Flugzeugtypen brachte nämlich eine rela-

tive Vernachlässigung von Forschung und Entwicklung im Flugzeugbau mit sich. Dadurch wurde die Konstruktion leistungsfähigerer Flugzeuge verhindert oder zumindest eingeschränkt. Dies machte sich im Krieg besonders negativ bemerkbar, wenn feindliche Flugzeuge eine technische Überlegenheit hatten. Zwar eignete sich die Albatros D, das bewährte deutsche Standardflugzeug, hervorragend für die Serienproduktion. Aber andere deutsche, vor allem englische und französische Firmen stellten gegen Ende des Krieges tauglichere Flugzeuge her.

Anstöße zu technischen Neuerungen im Flugzeugbau des Ersten Weltkrieges spielten also für die Entwicklung in der Nachkriegszeit eine wichtige Rolle, auch wenn sie nicht sofort in die Praxis umgesetzt werden konnten. Zudem sind die fertigungspraktischen Lerneffekte aller an der Produktion Beteiligten nicht zu unterschätzen. Auf der anderen Seite bestand die entwicklungstechnische Tendenz, »von der Hand in den Mund zu leben« und langfristig angelegte Projekte zu vernachlässigen. Die Ursache lag in dem Druck, auf technische Neuerungen des Feindes schnell zu reagieren. Generell kam es darauf an, möglichst rasch einen Vorteil gegenüber dem Feind zu erringen, der diesen wiederum einzuholen und zu übertreffen suchte. Als Konsequenz wurden oft Flugzeuge mit unausgereiften Motoren an die Front geschickt. Tödliche Unfälle waren eine häufige Folge. Ähnliches gilt für den Zweiten Weltkrieg. In beiden Kriegen ließ die rasche Entwicklung der Luftfahrttechnologie wenig Zeit, neue Konstruktionen eingehend zu testen und technische und fertigungsmäßige Schwierigkeiten gründlich zu analysieren und dann zu beheben. Außerdem machte der Erste Weltkrieg den Erfahrungsaustausch Deutschlands mit



Flugzeugmotorenproduktion in Deutschland, Großbritannien und den USA. Die Angaben für die USA (1939) und Deutschland (1945) liegen nicht vor (nach Braun)

anderen Ländern, vor allem mit Frankreich, unmöglich. Gerade dieser Transfer hatte den deutschen Flugzeugkonstruktoren vorher sehr genützt. Der Nachbau von Beuteflugzeugen stellte einen nur ungenügenden Ersatz für Technologietransfer und die Zusammenarbeit mit der französischen Luftfahrtindustrie dar. Die Knappheit an Arbeitskräften und Material zwang weiterhin zu einfachen Konstruktionen, weil sich langwierige, aufwendige Projekte mit starkem Innovationspotential nicht weiterverfolgen ließen.

Typen und Ergebnisse der Rüstungsforschung

Ausbruch und Verlauf des Ersten Weltkrieges veranlaßten die am Krieg beteiligten Staaten zur Intensivierung der Rüstungsforschung. Zumal für Deutschland machte der Ausbruch des Krieges verstärkte Anstrengungen bei der Entwicklung und Produktion von Ersatzstoffen notwendig. Hier stand das Verfahren zur Ammoniak-synthese im Vordergrund, das der Salpetererzeugung diente. Salpeter war für die Produktion von Sprengstoff und Düngemitteln unerlässlich. Derselbe Fritz Haber, Direktor des Kaiser-Wilhelm-Instituts für physikalische Chemie, der zusammen mit Carl Bosch die Ammoniak-synthese entwickelt hatte, engagierte sich ab 1915 für die Entwicklung und Produktion von Giftgas. Giftgas sollte feindliche Soldaten aus ihren Schützengräben treiben. Während des Krieges arbeiteten einige tausend Chemiker und Techniker an der Erprobung und Herstellung von Giftgas, dessen Einsatz schreckliche Wirkungen hervorrief. Zwar äußerten sich viele Militärs gegenüber dem Einsatz der Gaswaffe ablehnend, weil er ihrer Vorstellung von ritterlicher Kriegführung widersprach und bei relativ geringen militärischen Wirkungen beim Gegner eine Welle des Hasses hervorrief. Gleichwohl wurde von der Gaswaffe in großem Umfang Gebrauch gemacht. Zusammen mit der Mobilisierung der Wissenschaft erfolgten auch verstärkte Rüstungsmaßnahmen der Wirtschaft. Sie fanden ihren Ausdruck in der 1914 errichteten Kriegsrohstoffabteilung und den Maßnahmen im Rahmen des »Hindenburg-Programms« Ende 1916.

Schon vor der Verkündung des »Hindenburg-Programms« versuchte der britische Premierminister David Lloyd George (1863–1945), möglichst umfangreiche Ressourcen für die britische Kriegführung verfügbar zu machen. Nach Kriegsausbruch hatte es sich für Großbritannien wegen des U-Bootkrieges als schwierig erwiesen, ehemals aus Deutschland importierte chemische, pharmazeutische und optische Erzeugnisse im eigenen Land herzustellen. Zur Kriegführung wurden darüber hinaus neu entwickelte Waffen und Geräte hoher Qualität erforderlich. Im Sommer 1915 setzte daher das britische Parlament ein Gremium ein, das aus prominenten Naturwissenschaftlern und Industriellen bestand. Es sollte die Regierung bei der Ausarbeitung und Anwendung rüstungsnaher Forschungs- und Entwicklungspro-



72. Füllung von Granaten in einer englischen Munitionsfabrik. Photographie, 1918

gramme beraten. Solche Programme, die sich zum Beispiel auf die Untersuchung der Eigenschaften und Zusammensetzung von Legierungen und der Korrosion von Nichteisenmetallen erstreckten, wurden an bestehende naturwissenschaftlich-technische Institutionen vergeben. Das 1916 gegründete »Department of Scientific and Industrial Research« (DSIR) koordinierte die Arbeiten und veranlaßte die Errichtung weiterer Forschungs- und Entwicklungsinstitutionen.

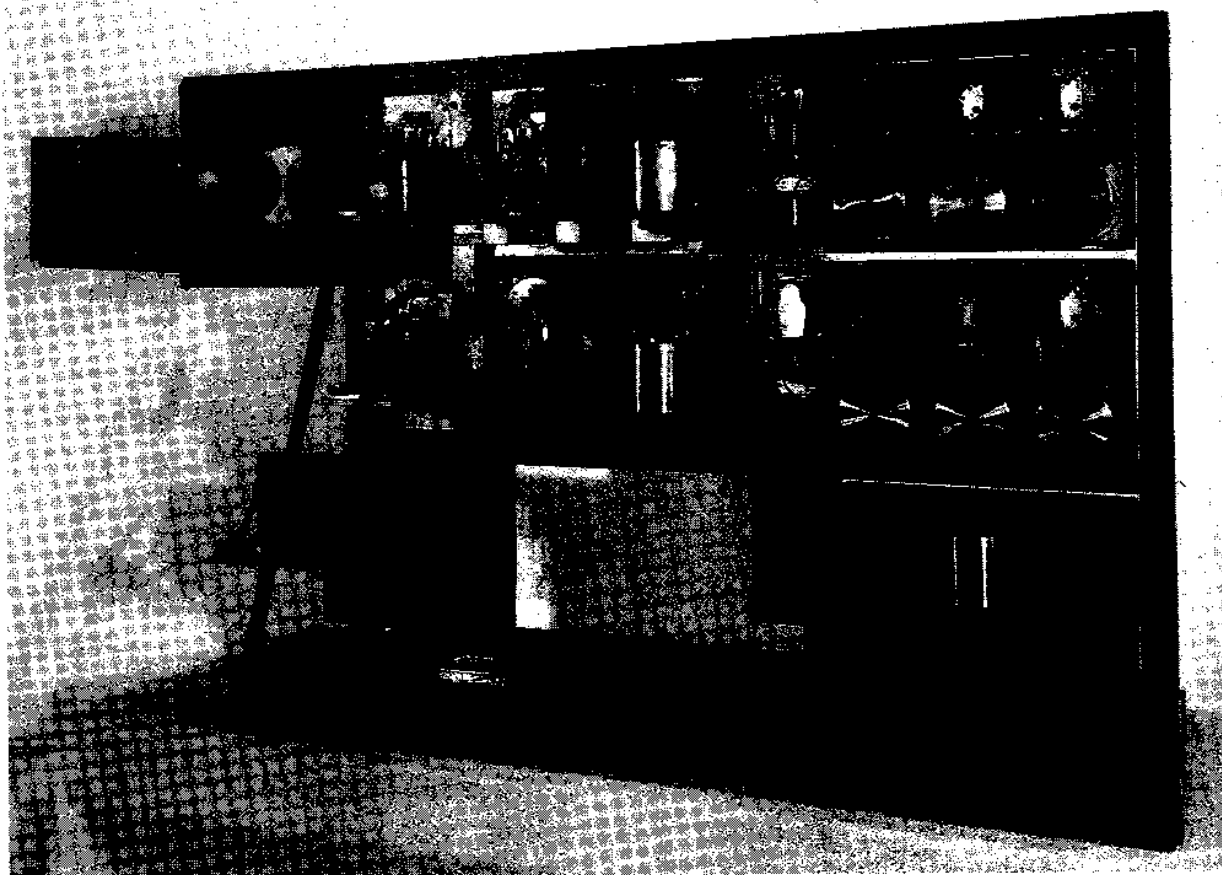
In den USA gestalteten sich die Beziehungen zwischen Wissenschaft, Industrie und Militär während des Ersten Weltkrieges besonders eng. Blockademaßnahmen verhinderten den Import wichtiger Geräte, vorwiegend für die amerikanische Marine. Die dadurch entstehenden Probleme sowie allgemeine Mobilisierungsanstrengungen der USA fanden ihren Niederschlag im 1915 gegründeten »Naval Consulting Board«. Hier boten zivile Naturwissenschaftler, Ingenieure und Industrielle die amerikanische Marine bei der Entwicklung und dem Einsatz neuer Waffen und Geräte. Gleiches vollzog sich auf dem Gebiet der militärischen Luftfahrt. Obwohl die Brüder Wright mit ihrem spektakulären Motorflug im Jahr 1903 welt-

weites Aufsehen erregt hatten, lag die amerikanische Luftfahrtforschung im Ersten Weltkrieg deutlich hinter der europäischen zurück. 1915 rief daher der amerikanische Präsident Woodrow Wilson (1856–1924) das »National Advisory Committee for Aeronautics« (NACA) ins Leben. Wissenschaftler, Industrielle und Militärs sollten hier die Luftfahrtforschung in enger Kooperation fördern und den Staat bei der Vergabe gezielter Forschungs- und Entwicklungsaufträge beraten. Erst nach dem Krieg, 1920, richtete die NACA eigene Forschungs- und Entwicklungsinstitute ein. Anders als in England, wo zumeist Einrichtungen der Ingenieurorganisationen die staatlichen Aufträge durchführten, widmeten sich in den USA Laboratorien der Industrie und der Universitäten diesen Aufgaben. Das 1916 gegründete »National Research Council« stellte die Kooperation zwischen Wissenschaft, Industrie und Militärs auf eine noch breitere Basis. Dem Beispiel europäischer und amerikanischer Institutionen folgend, wurde in Japan während des Ersten Weltkrieges ein »Institut zur Erforschung von Eisen und Stahl« gegründet, das im Auftrag der japanischen Armee insbesondere an der Entwicklung magnetischer Stähle arbeitete. Das »Institut für physikalische und chemische Forschungen« (RIKEN) widmete sich den entsprechenden anwendungsnahen Untersuchungen. Zu dieser Zeit bildete sich auch ein Phänomen aus, das später als »militärisch-industrieller Komplex« bezeichnet wurde, in dem Staat, Militär, Industrie und Wissenschaft kooperierten. In den USA fanden sich im Ersten Weltkrieg Elemente dieses Komplexes in den »Mobilization Agencies«, vor allem dem »War Industries Board« (WIB), das von dem Zivilisten Bernard M. Baruch (1870–1965) geleitet wurde. Mit den »Kriegsrohstoffgesellschaften« und dem »Kriegsausschuß der Deutschen Industrie« bestanden in Deutschland vergleichbare Institutionen zur Rüstungsplanung. Die in dieser Zeit eingeleitete Entwicklung setzte sich im Zweiten Weltkrieg in den USA mit der Einrichtung des »War Production Board« (WPB) unter Leitung von Industriellen wie William S. Knudsen, Präsident von General Motors, und E. R. Stettinius von der US Steel Corporation fort. Mit dem »Ausschuß- und Ringsystem« zur Organisation der Kriegswirtschaft verfolgte der deutsche Rüstungsminister Albert Speer (1905–1981) nach 1942 ähnliche Absichten.

In der Zwischenkriegszeit und zu Beginn des Zweiten Weltkrieges machte das Beispiel der 1915 gegründeten NACA rasch Schule. Vannevar Bush (1890–1974), Professor für Elektrotechnik am Massachusetts Institute of Technology (MIT) und erfolgreicher Wissenschaftsmanager, betrachtete die Mobilisierung der Luftfahrtforschung durch die NACA als Modell zur Gründung des »National Defense Research Committee« (NDRC), einer im Juni 1940 entstandenen gigantischen Institution zur Rüstungsforschung, aus der sich 1941 das »Office of Scientific Research and Development« (OSRD) entwickelte. Dieser Institution gelang es, politische Ziele in anwendungsorientierte Forschungsprogramme umzusetzen, mit denen sie vorrangig Industrie- und Hochschullaboratorien betraute. Obwohl es auch hier zu man-

cherlei bürokratischen Friktionen kam, erwiesen sich die Aktivitäten des OSRD als im ganzen erfolgreich und als Musterbeispiele von »Big Science«, anwendungsorientierter Großforschungsprojekte, bei denen Geld keine Rolle zu spielen schien. Sowohl das Atombombenprogramm als auch die Erweiterung der amerikanischen Radarforschung wurden vom OSRD initiiert. Die gewaltigen Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen der USA im Zweiten Weltkrieg legten den Grundstein für die amerikanische Überlegenheit auf verschiedenen Gebieten der Naturwissenschaft und Technik in der Nachkriegszeit. Auch in Großbritannien knüpfte man an die Organisation der Rüstungsforschung während des Ersten Weltkrieges an und setzte diese Bemühungen – allerdings in weitaus geringerem Umfang als in den Vereinigten Staaten – in der Zwischenkriegszeit und während des Zweiten Weltkrieges fort. Im Zentrum standen dort die Mikrowellen-Radarforschung sowie die Luftfahrt- und Marineforschung der Streitkräfte.

Die hervorragende technologische Stellung der USA in der Luft- und Raumfahrt ist nicht zuletzt auf die Arbeit deutscher Raketenspezialisten nach dem Zweiten Weltkrieg zurückzuführen. De facto hatte die Luftfahrtforschung in Deutschland schon in den zwanziger Jahren Züge einer Großforschung und wurde während der nationalsozialistischen Aufrüstung nach 1933 noch intensiviert. Hinzu kamen Arbeiten zur Entwicklung chemischer Synthesen. Der Versuch des 1937 gegründeten »Reichsforschungsrates«, die Forschung auf den Gebieten der Naturwissenschaft und Technik unter die Kontrolle des Reichsministeriums für Erziehung, Wissenschaft und Volksbildung zu bringen, scheiterte allerdings. Die Wehrmacht mit ihren eigenen Forschungseinrichtungen und die Industrieforschung bestanden auf ihrer Selbständigkeit. Überhaupt verhinderte die mangelnde Organisation und Koordination der Rüstungsforschung im »Dritten Reich« eine ähnliche Effektivität wie in den Vereinigten Staaten. Darüber hinaus erwiesen sich die USA in ihren personellen und materiellen Möglichkeiten als überlegen. Die Struktur des nationalsozialistischen Herrschaftssystems mit seinen konkurrierenden Machtblöcken, von denen besonders Wehrmacht, Industrie und SS hervortraten, verhinderte eine wirksame Zusammenarbeit zur Erreichung rüstungstechnischer Ziele. Ferner offenbarte sich, vor allem nach Kriegsbeginn, ein spürbarer Mangel an Naturwissenschaftlern und Ingenieuren. Rassenpolitische Motive hatten dazu geführt, daß jüdische Wissenschaftler und Ingenieure zur Emigration gezwungen oder sogar ermordet wurden. Wenngleich die Luftwaffenplanung und die Autarkiebestrebungen der chemischen Technologie auf eine umfassende Mobilisierung der Ressourcen für einen längeren Krieg hinausliefen, hatten die Blitzkriegstaktik der ersten beiden Jahre und der Mangel an Fachleuten und Material zur Folge, daß langfristige rüstungstechnische Forschungs- und Entwicklungsarbeiten eingestellt werden mußten. Erst in der zweiten Kriegshälfte wurden längerfristige Projekte wie die Radartechnik, der Bau von Strahltriebwerken und die Schaffung der »Wunderwaffen« mit größerem Auf-



73. Erster englischer Radarempfänger des Baujahres 1935. London, Science Museum

wand weiterverfolgt. Wie in den USA, so räumte nun auch in Deutschland der Staat der Industrie einen größeren Spielraum bei der Organisation der Rüstungsproduktion ein.

Die unterschiedlichen Typen der Rüstungsforschung in Großbritannien, den Vereinigten Staaten und in Deutschland lassen sich exemplarisch an der Radarentwicklung verdeutlichen. »Radar« ist eine Kurzform von »Radio detecting and ranging«, Funk-Ermittlung und Entfernungsmessung. Sein Prinzip beruht auf dem Reflexionseffekt gerichteter elektromagnetischer Wellen, die, von einem Gegenstand zurückgeworfen, wieder empfangen werden können. Aus der Zeit- oder Frequenzdifferenz zwischen gesendetem und wieder empfangenem Signal konnte man Richtung und Entfernung des georteten Objekts ermitteln. Die Genauigkeit der Funkmessung wuchs mit kürzerer Wellenlänge. Nach Anfängen in Deutschland zu Beginn des Jahrhunderts und aufgrund von Arbeiten in den USA, Frankreich, Großbritannien und Deutschland zu Beginn der dreißiger Jahre betrieben namentlich englische Naturwissenschaftler Rückstrahlversuche mit elektromagnetischen Wellen. Die deutsche Aufrüstung nach 1933 mit dem Aufbau der Luftwaffe ließ nämlich die Vorteile der Insellage als gering erscheinen. Es galt, die Entwicklungen

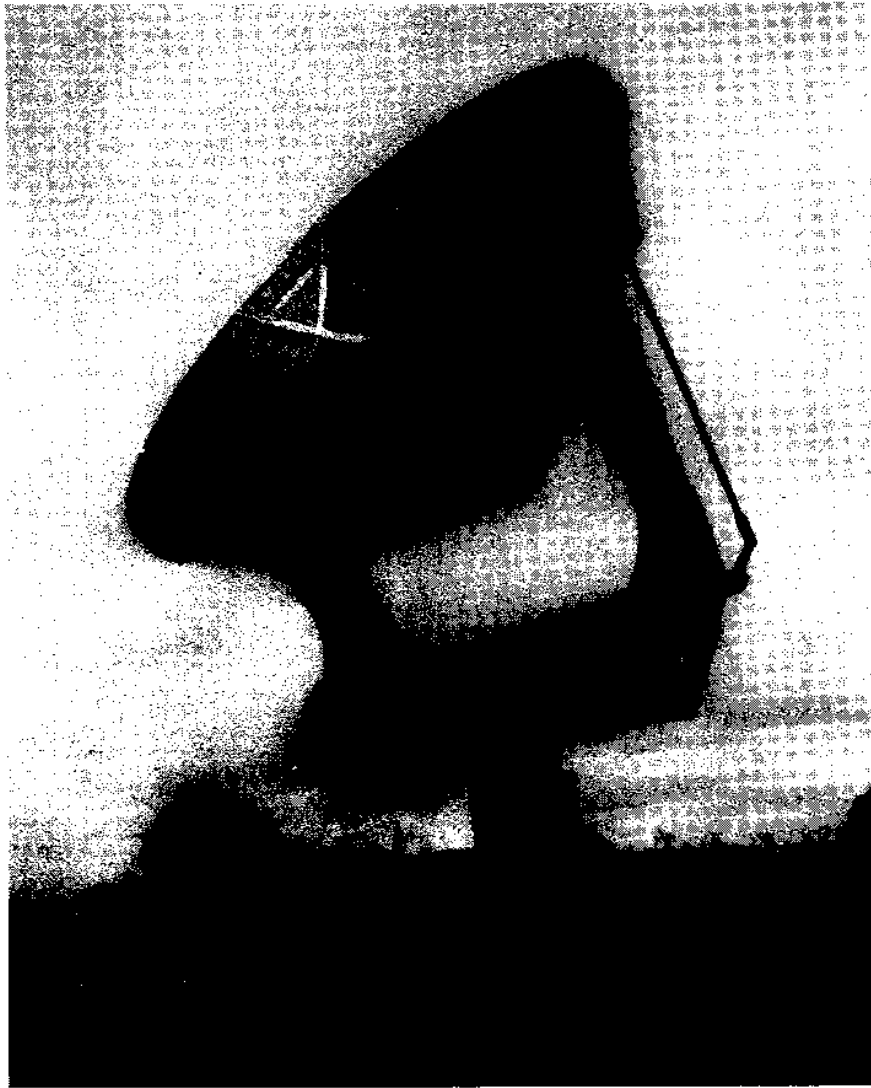
der Hochfrequenztechnik für die Landesverteidigung zu nutzen. Ein Ausschuß unter Vorsitz des Chemikers Henry Tizard (1885–1959) beschäftigte sich ab 1935 mit dieser Frage. Die Leitung der physikalisch-technischen Entwicklungsarbeiten lag in den Händen des Hochfrequenztechniklers Robert Watson-Watt (1892–1973). Die Regierung stellte umfangreiche Mittel zur Verfügung und koordinierte die Entwicklungsarbeiten. Nachdem die erste Radar-Bodenstation im März 1937 in Betrieb genommen werden konnte, gelang es bis zum Frühjahr 1939, 20 solcher Stationen an der englischen Ostküste zu installieren. Sie bildeten die Radarkette, welche die Briten »Home Chain« nannten. Die weiteren Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zielten darauf ab, die Einsatzmöglichkeiten des Radars durch kürzere Wellenlängen zu erweitern. Dadurch sollten, über das Radar-Frühwarnsystem hinaus, Verfahren zur Feuerleitung für die Flak und die Schiffsartillerie sowie ein Bordradar für Flugzeuge geschaffen werden. Mit Hilfe eines 50-Zentimeter-Bordradars spürten englische Flugzeuge 1941 das Schlachtschiff »Bismarck« auf. Nachdem eine englische Delegation im August 1940 das neu entwickelte Magnetron mit Hohlraumresonator – eine Senderöhre mit hohen Leistungen im Zentimeterwellenbereich – in die USA gebracht hatte, intensivierten die amerikanischen Radarexperten ihre Anstrengungen. Am Massachusetts Institute of Technology wurde kurz darauf das »Radiation Laboratory« (RadLab) gegründet, an dem bei Kriegsende etwa 4.000 Wissenschaftler und Techniker arbeiteten. Dennoch dauerte es zwei Jahre, bis ein leistungsfähiges Bordradargerät unter der Tarnbezeichnung »H2S« herauskam. Mit diesem Gerät konnten Bomberpiloten aufgetauchte U-Boote auch bei Nacht sowie durch Wolken oder Nebel erkennen. Etwa 200 deutsche U-Boote wurden auf diese Weise aufgespürt und versenkt. Das neue Gerät ermöglichte es zudem, Küstenlinien, Flüsse und Gebäudekomplexe anzuzeigen und somit das Radar als Navigationsgerät für Bomber zu verwenden. Ende 1943 wurden solche Geräte mit einer Wellenlänge von 9 Zentimetern beim Luftangriff auf Hamburg eingesetzt. Die Vereinigten Staaten investierten ungefähr 2,5 Milliarden Dollar in die Entwicklung des Radars und verwandter Geräte, eine Summe, die sogar die finanziellen Aufwendungen zur Entwicklung der Atombombe im Rahmen des »Manhattan-Projekts« übertraf. Als Folge der Forschungen im Krieg errangen die USA in den Nachkriegsjahren eine führende Stellung in der Radarforschung. Nicht zu Unrecht vertrat der Direktor des »Radiation Laboratory« die Ansicht, die Atombombe habe den Krieg zwar beendet, das Radar aber habe ihn entschieden.

Im Gegensatz zu Großbritannien und den Vereinigten Staaten begannen in Deutschland die Arbeiten auf dem Gebiet der Radartechnik unkoordiniert. Die Marine entwickelte in den frühen dreißiger Jahren Geräte mit einer Wellenlänge von 50 Zentimetern. Wegen des Fehlens geeigneter elektronischer Röhren erfolgte ihr Einsatz aber nur im weniger leistungsfähigen Bereich von 2 Metern. Allerdings boten diese Arbeiten die Grundlage für die später in großen Serien gebauten und im

Flugmeldedienst und in der Jägerführung eingesetzten »Freya-Geräte«. Die im Zweiten Weltkrieg verwendeten »Würzburg-Geräte« dienten der Feuerleitung bei der Flakartillerie. Der staatlich verordnete Entwicklungsstopp für Geräte, deren Einsatzreife bis zum Ende des Jahres 1941 nicht mehr gewährleistet zu sein schien, verhinderte weitere Entwicklungen. Zwar stand die deutsche Radarforschung in der ersten Phase des Zweiten Weltkrieges kaum hinter der britischen zurück. Aber es mangelte an Fachleuten, an einer wirksamen Koordination entsprechender Arbeiten in den Laboratorien der Industrie, der Hochschulinstitute sowie der Marine- und Luftwaffenforschungsstellen. Außerdem fehlte ein Gesamtkonzept mit einer umfassenden Einsatzplanung des Radarsystems. Große Probleme bereitete der deutschen militärischen Führung der Abwurf von Stanniolstreifen, welche die Ortung feindlicher Flugzeuge unmöglich machten. Deutsche Radarexperten hätten dies durch eine frühzeitige Entwicklung des Radars im Zentimeter-Wellenbereich verhindern können. Wegen fehlender Ingenieure wurden die entsprechenden Entwicklungsarbeiten jedoch 1942 eingestellt. Anfang 1943 fiel den deutschen Militärs ein hochleistungsfähiges Radargerät in die Hände, das auf einer Wellenlänge von 9 Zentimetern arbeitete und aus einem bei Rotterdam abgeschossenen britischen Bomber stammte. Eine aus Industrie und militärischen Behörden gebildete Arbeitsgemeinschaft versuchte nun fieberhaft, den alliierten Vorsprung in der Radarforschung aufzuholen. Hitler ließ ungefähr 1.500 Hochfrequenzexperten aus der Truppe zurückrufen. Auch im Konzentrationslager Dachau richtete die SS ein eigenes Hochfrequenz-Forschungsinstitut ein, das von dem inhaftierten ehemaligen Direktor des Zentrallabors der Firma Siemens & Halske geleitet wurde. Diese Anstrengungen vermochten dem Krieg jedoch keine Wende mehr zu geben.

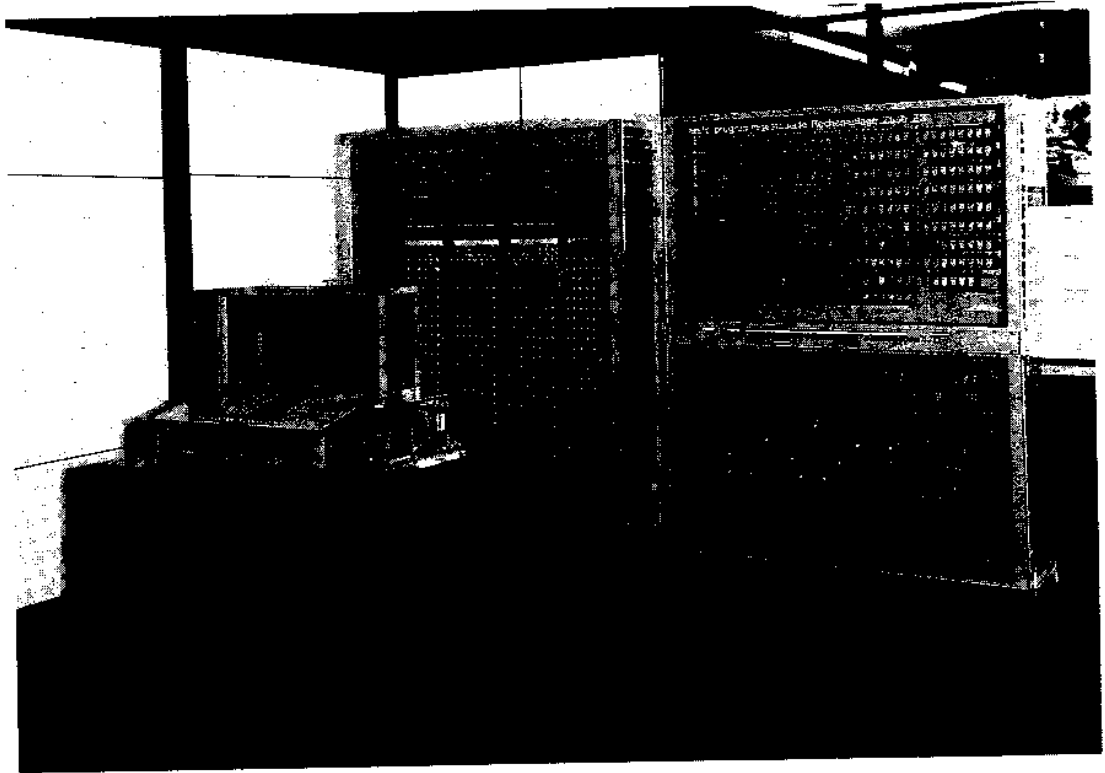
Neben dem Radar wurden andere Ortungssysteme verwendet. Im Ersten Weltkrieg setzten Briten und Amerikaner Horchgeräte, sogenannte Hydrophone, ein, mit deren Hilfe sich die Richtung georteter U-Boote feststellen ließ. Die Anwendung dieser Geräte versprach aber nur bei langsamer Fahrt und günstigen Wetterbedingungen einigen Erfolg. Verbesserte Horchgeräte gelangten im Zweiten Weltkrieg zum Einsatz. Solchen »passiven« Ortungsmitteln waren die »aktiven« Verfahren mit Hilfe von Ultraschall-Wellen überlegen. Französischen Wissenschaftlern gelang es gegen Ende des Ersten Weltkrieges, das Echo eines getauchten U-Bootes mittels solcher Wellen zu empfangen. Untersuchungen amerikanischer, britischer und deutscher Wissenschaftler führten zur Entwicklung der im Zweiten Weltkrieg eingesetzten Sonar-, Adsic- und S-Verfahren. Da die Schallgeschwindigkeit unter Wasser bekannt war, konnte man aus der Zeitdifferenz zwischen Impulsaussendung und Echoempfang die Entfernung zum georteten Objekt ermitteln. Doch wegen der ungleichmäßigen Struktur des Seewassers – Unterschiede in den Wassertemperaturen und im Salzgehalt – war das aktive Ortungsverfahren oft ungenau.

Die Nutzung des Radars und anderer Ortungsmethoden bildeten den Ausgangs-



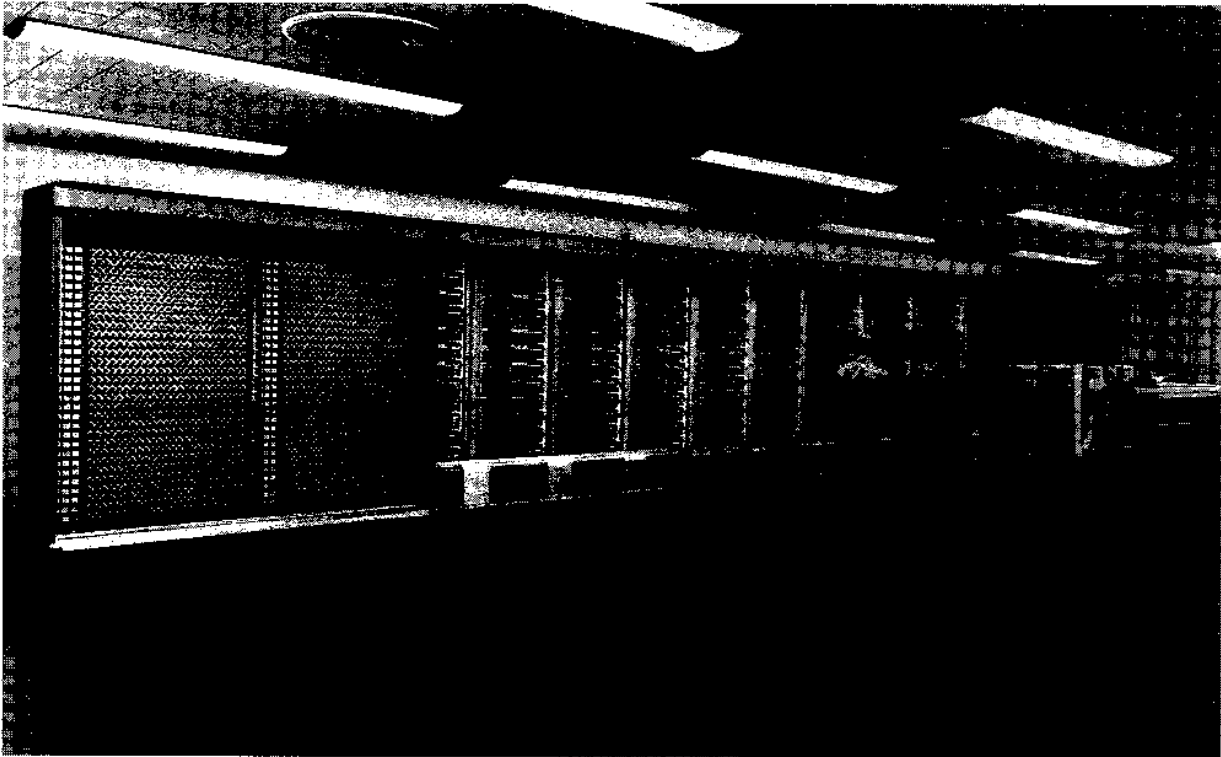
74. Parabolantenne des Radargeräts »Würzburg Riese«. Photographie, um 1941

punkt für das »Operational Research«, später »Operations Research«, ein Begriff, der zuerst 1938 von britischen Wissenschaftlern verwendet wurde. Sie entwickelten im Auftrag der englischen Streitkräfte Methoden, um die günstigsten Standorte der britischen Radarüberwachung zu ermitteln. Die später von den Radargeräten gelieferten Daten bereiteten sie so weit auf, daß diese als Grundlage militärischer Entscheidungen dienen konnten. »Operations Research« diente also zunächst der Optimierung militärischen Handelns. 1941 übernahmen die Streitkräfte der Vereinigten Staaten dieses Verfahren und benutzten es hauptsächlich zur Ermittlung der Optimalgröße von Geleitzügen über den Atlantik. In Deutschland wurde »Operations Research« während des Zweiten Weltkrieges wahrscheinlich deshalb ignoriert, weil hierdurch die beschränkte rüstungstechnische und rüstungswirtschaftliche Leistungskraft offenbar geworden wäre. Ende der vierziger Jahre fand das Optimierungsverfahren Eingang in die amerikanische Wirtschaft.



75. Rekonstruktion der ersten, 1941 betriebsfähigen programmgesteuerten Rechenanlage »Z3« von Konrad Zuse. München, Deutsches Museum

Die schnelle Verbreitung von »Operations Research« wurde durch die elektronische Datenverarbeitung ermöglicht. Bereits 1944 hatte eine Wissenschaftlergruppe am Massachusetts Institute of Technology damit begonnen, einen Analogrechner zur Steuerung von Flugsimulatoren zu entwickeln. 1945 entschieden sich die Wissenschaftler, eine digitale Anlage zur flächendeckenden Luftraumüberwachung zu bauen, deren Daten direkt an Computer übertragen werden sollten. Die frühe Computerentwicklung in den USA, die im Zweiten Weltkrieg stark vorangetrieben wurde, profitierte von der erheblichen Unterstützung durch Militär und Regierungsstellen. Auch dieses Beispiel macht den Unterschied zwischen amerikanischer und deutscher Rüstungsforschung im Zweiten Weltkrieg deutlich. Die deutsche politische und militärische Führung verhielt sich – bis auf wenige Ausnahmen – unausgereiften technischen Projekten gegenüber zurückhaltend. So wurde dem Ingenieur Konrad Zuse bei seinen Innovationen für den Digitalrechner nur geringfügige staatliche Hilfe zuteil. 1940 übernahm die deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt in Berlin-Adlershof immerhin die Teilfinanzierung des Computermodells »Z3«. In den USA hingegen unterstützten Regierung und Streitkräfte eine Vielzahl militärisch relevanter Projekte. Das galt ebenso für die Computerentwicklung: Der »Mark I« Howard H. Aikens (1900–1973), der Computer von George R. Stibitz und der an der University of Pennsylvania entwickelte ENIAC-Computer erfreuten sich einer mas-



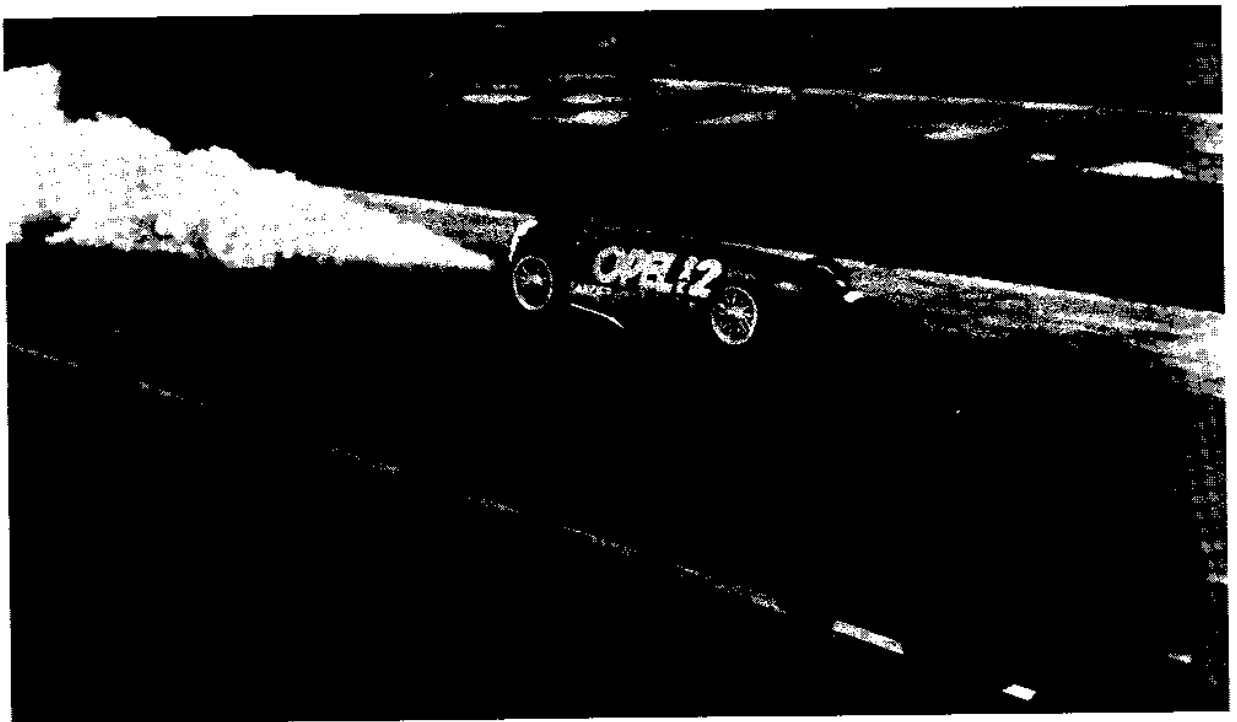
76. »Automatic Sequence Controlled Computer« (ASCC), der erste, 1944 in Betrieb genommene speicherprogrammierte Rechner Amerikas von Howard H. Aiken, der »Harvard Mark I« in der Harvard University

siven Unterstützung durch das amerikanische Militär. Dies ist freilich auch Ausdruck des erheblich größeren personellen und materiellen Spielraums in den Vereinigten Staaten. Verfahren der Funkaufklärung, welche die Entzifferung deutscher Codes im Zweiten Weltkrieg ermöglichten, stellten einen weiteren Ursprung des modernen Computers dar. Hier wurden vor allem die Forschungen des englischen Mathematikers Alan Turing (1912–1954) richtungweisend.

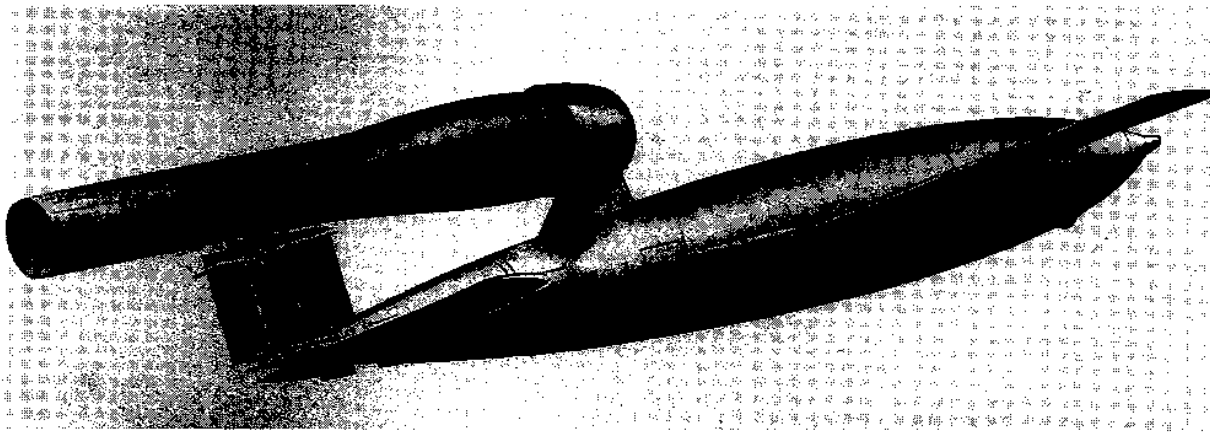
Computer und Mikroelektronik stellten nach dem Zweiten Weltkrieg eine wesentliche Voraussetzung für den zielgenauen Einsatz von Raketen dar, deren Entwicklung durch den Krieg stark beschleunigt wurde. Beabsichtigt war aber ursprünglich keine militärische, sondern eine zivile Verwendung mit dem Wunsch, »Die Rakete zu den Planetenräumen« zu bauen, wie der Titel eines Buches lautete, das der Raketenpionier Hermann Oberth (1895–1989) im Jahr 1923 herausbrachte. In seinen wissenschaftlichen Arbeiten knüpfte er vor allem an die Forschungen des Russen K. E. Ziolkowski (1857–1935) und des Amerikaners R. H. Goddard (1882–1945) an. Goddard war es 1936 gelungen, die erste Flüssigkeitsrakete zu starten. In den USA, der Sowjetunion und nicht zuletzt in Deutschland machte sich zu Ende der zwanziger Jahre eine allgemeine Raketenbegeisterung breit, die auch zu Werbezwecken genutzt wurde. Hatte der Versailler Vertrag

Deutschland untersagt, Kanonen mit großer Reichweite zu bauen, so schien der Weg für die Entwicklung von Langstreckenraketen frei zu sein. Das Heereswaffenamt förderte denn auch die entsprechenden Forschungen in bescheidenem Umfang. Allerdings beabsichtigte das Militär zunächst nicht, die Rakete zum Transport hochexplosiver Sprengstoffe zu verwenden, sondern plante, Giftgas auf große Entfernungen zu verschießen. Ab 1937 wurden die Arbeiten auf dem Raketenversuchsgelände Peenemünde an der Ostsee unter Leitung Wernher von Brauns (1912–1977) fortgesetzt. Zwar hielt sich zunächst das Interesse von Politik und Militär in engen Grenzen, aber nach dem Beginn der systematischen Bombardierung deutscher Städte durch die britische Luftwaffe Ende März 1942 gewann der Gedanke des Einsatzes von »Vergeltungswaffen« bei der nationalsozialistischen Führung rasch an Boden. Hier handelte es sich im wesentlichen um die als »V 1« bekanntgewordene Flügelbombe »Fi 103«, die Flüssigkeitsrakete »A 4«, bekannt als »V 2«, sowie das Ferngeschütz »Hochdruckpumpe« und die Feststoffrakete »Rheinbote«. Als »Hochdruckpumpe« wurde ein Mehrkammergeschütz bezeichnet, das aus einem ungewöhnlich langen Rohr bestand, an dem zusätzliche Pulverkammern mit Treibladungen angebracht waren. »Rheinbote« war eine vierstufige Feststoffrakete, die das Heereswaffenamt neben der V 2 ohne offizielle staatliche Unterstützung entwickelte.

Anders als »Hochdruckpumpe« und »Rheinbote« spielten V 1 und V 2 gegen Ende des Krieges eine wichtige Rolle als Terrorwaffen gegen die englische Zivilbevölke-



77. Der Opel-Raketenwagen »Rak 2« auf der Avus in Berlin. Photographie, 23. Mai 1928



78. Modell des Fieseler »Fi 103 (V1)« des Baujahres 1944. München, Deutsches Museum

Die V 1 war eine mit Tragflächen und Leitwerk ausgestattete »fliegende Bombe«, die bei einer Reichweite von 233 Kilometern eine Sprengladung von 830 Kilogramm ins Ziel bringen konnte. Ihr Raketen-Triebwerk saugte schubweise Luft an und stieß das in der Brennkammer entzündete Gas-Luft-Gemisch durch die Heckdüse aus. Da die Höchstgeschwindigkeit nur bei 650 Stundenkilometern lag, konnte die britische Abwehr etwa 40 Prozent dieser »fliegenden Bomben« abschießen. Die kreiselgesteuerte V 2 erreichte hingegen eine Geschwindigkeit von 5.500 Stundenkilometern und konnte eine Ladung von fast 1 Tonne Sprengstoff über eine Distanz von 520 Kilometern befördern. Der Antrieb erfolgte durch ein Gemisch aus flüssigem Sauerstoff, Methylalkohol mit 25 Prozent Wasserstoff und Wasserstoffsuperoxid. Wie aufwendig die Entwicklung einer derartigen Waffe gewesen ist, geht aus der Tatsache hervor, daß bis zur Einsatzreife der V 2 etwa 3.000 Versuchsraketen erprobt werden mußten. Die von der nationalsozialistischen Propaganda gepriesenen »Wunderwaffen« entfalteten aber wegen ihrer geringen Zielgenauigkeit keine militärische Wirkung. Der Schrecken, in den sie die britische Zivilbevölkerung versetzten, brachte keine strategischen Vorteile; die Opfer stärkten vielmehr den Widerstandswillen. Insofern kamen V 1 und V 2 nicht, wie manche zeitgenössische Beobachter meinten, zu spät, sondern, legt man militärische Maßstäbe zugrunde, wegen ungenügender Treffgenauigkeit eher zu früh zum Einsatz. Ihre Wirkung lag weit unter jener der britischen Bombenangriffe. Die bei Flächenbombardements auf die deutsche Zivilbevölkerung abgeworfene Sprengstoffmenge lag ungefähr siebzigmals höher als die von V 1 und V 2 nach England transportierte. Auch das Ziel der nationalsozialistischen Regierung, die Moral der deutschen Bevölkerung durch die Hoffnung auf neue, kriegsentscheidende »Wunderwaffen« zu stärken, wurde nicht erreicht. Allein die Propaganda nährte die Illusion, der Krieg könne ohne eigenes Zutun doch noch gewonnen werden.

Größere Wirkungen als von den »Wunderwaffen« versprachen sich viele deut-

sche Militärs und Politiker von den neuen Raketen- und Düsenflugzeugen. Der ab Juli 1944 eingesetzte Abfangjäger »Me 163«, das erste serienmäßig gebaute Raketenflugzeug, konnte aber die hochgespannten Erwartungen nicht erfüllen, wenngleich er ausgezeichnete Eigenschaften besaß. Er erreichte beinahe Schallgeschwindigkeit, eine Gipfelhöhe von 15.000 Metern und verfügte über eine enorme Steigfähigkeit. Doch das Flugzeug war technisch unausgereift und militärisch nur beschränkt verwendbar. Die hohe Explosivität des Treibstoffs führte zu zahlreichen Unfällen. Aufgrund der sehr kurzen Flugdauer von nur 8 Minuten hatte die Me 163 eine Reichweite von bloß 100 Kilometern. Der nach Brennschluß notwendige Gleitflug zurück zum Flugplatz machte sie zu einer leichten Beute feindlicher Jäger. Die Reichweite des Düsenflugzeugs »Me 262« lag, bei ähnlicher Höchstgeschwindigkeit wie die der Me 163, mit 1.000 Kilometern erheblich höher. Allerdings beschränkte die Verwendung als Jagdbomber statt als reines Jagdflugzeug ihre Möglichkeiten. Als sie seit Beginn des Jahres 1945 nur noch als Jäger gebaut und mit der neu entwickelten Luft-Luft-Rakete »R 4 M«, der »Orkan«, ausgestattet wurde, erlitten die alliierten Bombergeschwader schwere Verluste. Amerikanische Ingenieure, die im Zweiten Weltkrieg mit Unterstützung des »Office of Scientific Research and Development« ein Strahlflugzeug zu entwickeln versuchten und dabei nur geringen Erfolg hatten, bezeichneten den Stand der deutschen Düsenjägerentwicklung als der amerikanischen weit überlegen. Allerdings trugen mangelnde Koordination zwischen Industrie, Staat und Militär sowie divergierende Vorstellungen über die Verwendungsart des Flugzeugs auch in diesem Fall dazu bei, daß die Me 262 erst verhältnismäßig spät zum Einsatz kam.

Die Atombombenentwicklung in den USA und ähnliche Bestrebungen in Deutschland stellen ein Modellbeispiel für unterschiedliche Formen und Ergebnisse von Rüstungsforschung im Zweiten Weltkrieg dar. In den Vereinigten Staaten vollzog sich die Entwicklung der Atombombe im Rahmen projektgebundener Großforschung, die von der Grundlagenforschung bis zur großtechnischen Anwendung reichte. In engem Verbund zwischen Staat, Wissenschaft, Industrie und Militär unternommen, schienen die Kosten dieses sich auf 2 Milliarden Dollar belaufenden »Manhattan-Projekts« keine Rolle zu spielen. Wegen beschränkter materieller und personeller Ressourcen, Organisationsproblemen und mangelnder Erfahrung der Wissenschaftler mit der Projektforschung konnte die deutsche Atombombenentwicklung nicht annähernd den Stand der amerikanischen erreichen. Außerdem fehlte diesem langfristigen Forschungs- und Entwicklungsprojekt eine wirksame staatliche Unterstützung. Das Heereswaffenamt hielt den Bau der Atombombe in absehbarer Zeit für unmöglich.

Rüstung und Kriegführung in den beiden Weltkriegen

Die Verfügbarkeit neuer Waffen führte zu Veränderungen in der Kriegführung. Dies wurde schon im 19. Jahrhundert im Amerikanischen Bürgerkrieg deutlich. Hier kamen neben verbesserten Hinterladern, gepanzerten Eisenbahnwagen für Truppentransporte, Landminen, Panzerschiffen, Telegraphen zur Nachrichtenübermittlung und Freiballons zur Gefechtsaufklärung auch frühe Formen von Maschinengewehren, Panzerwagen, Torpedobooten und Unterseebooten zum Einsatz. Im Ersten Weltkrieg – mit seinen erweiterten technischen Möglichkeiten von Zeitgenossen auch als »Krieg der Ingenieure« bezeichnet – setzte sich diese Entwicklung fort. Allerdings folgten die Veränderungen in Taktik und Strategie den kriegstechnischen Innovationen keineswegs unmittelbar. Die Generale »kämpften meist noch den letzten Krieg« und stellten sich in ihrer Taktik und Strategie nur zögernd auf die neuen technischen Möglichkeiten ein. Die 39 deutschen Kavallerieregimenter, die 1914 in den Ersten Weltkrieg zogen, machten dies symbolhaft deutlich. Insofern wurden neue Waffen und Waffensysteme wie der Tank, die Vorform des Panzers, und das Flugzeug zumeist der herkömmlichen Taktik und Strategie angepaßt. Sie spielten im Ersten Weltkrieg noch keine entscheidende Rolle, bestimmten aber in weiterentwickelter Form das Geschehen im Zweiten Weltkrieg. Dann wiederum hatten die in den frühen vierziger Jahren hergestellten neuartigen Waffen wie Strahlflugzeuge und Raketen eine lediglich untergeordnete Bedeutung. Diese übten aber einen großen Einfluß auf die militärische und zivile Technik der Nachkriegszeit aus.

Trotz der Zurückhaltung vieler Militärs gegenüber neuen Waffen überwand die Mobilität von Panzern und Flugzeugen den Grabenkampf des Ersten Weltkrieges. Jene neue Art der Kriegführung erforderte zugleich ein verbessertes logistisches System, wie sich überhaupt der Ausbau der Systeme auch auf militärischem Gebiet kontinuierlich fortsetzte. Obwohl man Flugzeuge, Panzer, Panzerschiffe oder U-Boote hatte, war auch der Erste Weltkrieg im wesentlichen ein Krieg der Infanterie. Er war vom Einsatz des Hinterladers mit gezogenem Lauf sowie der schon früher bekannten Metallpatrone und des rauchschwachen Pulvers geprägt. Daneben bestimmte das Maschinengewehr, das Mitte der achtziger Jahre unter anderen von dem Amerikaner Hiram Maxim entwickelt worden war, die Gefechte der Infanterie. Der Gebrauch dieser Handfeuerwaffen bewirkte, daß sich die Feuerkraft eines Infanteriebataillons von 7.000 Schuß pro Minute zur Zeit des Deutsch-Französischen Krieges auf 22.000 Schuß zu Ende des Ersten Weltkrieges erhöhte. In dem Bemühen, die Leistungsfähigkeit der gegnerischen Waffen zu übertreffen, entwickelten deutsche Waffenkonstrukteure mit den Modellen »MG 08« und »MG 08/15« die amerikanischen und britischen Maschinengewehre weiter.

Der Einsatz leichter Maschinengewehre und Steilfeuerwaffen wie Minen- und

Granatwerfer erforderte eine Umgestaltung der Angriffsformationen größerer Infanterieverbände. In Deutschland wurden Sturmbataillone aufgestellt, die mit einer großen Anzahl leichter Maschinengewehre und schwerer Unterstützungswaffen wie Sturmkanonen und Minenwerfer ausgerüstet waren. Später kombinierte man leichte und schwere Maschinengewehre in Schützenkompanien. Sie gerieten bei einem Angriff immer häufiger in das Feuer feindlicher Maschinengewehrnester. Die Zerstörung solcher MG-Nester übernahmen wiederum Sturmkanonen, die dem Angriff der Infanterie folgten. Die Rüstungsfirmen entwickelten die automatischen Waffen in verschiedene Richtungen: zu großkalibrigen Maschinenkanonen, die in Panzerfahrzeugen, auf Schiffen oder in Flugzeugen Verwendung fanden, sowie zu leichten Flugabwehrkanonen (Flak), Maschinenpistolen und Sturmgewehren.

Besonderes Gewicht legten Militärs und Rüstungsfirmen um die Jahrhundertwende auf die Steigerung der artilleristischen Feuerkraft. Damals verfügten die Artilleriegeschütze über ein gezogenes Rohr und eine Hinterladeeinrichtung mit Rohrrücklaufbremse. Sie wurden bei größter Präzision mit maschinellen Bearbeitungsverfahren hergestellt. Wie in vielen anderen Bereichen der Kriegstechnik, so setzte auch hier ein Rüstungswettlauf mit dem Ziel ein, immer größere und leistungsfähigere Geschütze zu bauen. Dies wiederum stimulierte das Bemühen, einerseits noch festere Stahllegierungen zur Panzerung zu erhalten, andererseits die Durchschlagskraft der Granaten zu steigern. Den ins Gigantische getriebenen Charakter solcher Bestrebungen symbolisiert das zwischen 1937 und 1942 entwickelte deutsche Eisenbahn-Geschütz »Dora«. Aus dem 32 Meter langen Rohr der »Dora« konnten 7 Tonnen schwere Panzergranaten von 80 Zentimeter Kaliber bis zu 38 Kilometer weit verschossen werden. Die lange Entwicklungszeit dieses Geschützes hatte allerdings unbeabsichtigte Konsequenzen: Aufgrund geänderter taktischer Voraussetzungen bestand zum Zeitpunkt der Einsatzreife 1942 eigentlich kein Bedarf mehr an einem derart personal- und materialaufwendigen »Dinosaurier«.

Trotz mancher Vorbehalte wurde die Einführung des Panzers in das Geschehen des Ersten Weltkrieges von vielen Militärs begrüßt, weil das mit Laufketten versehene, geländegängige, gepanzerte Fahrzeug viele neue Möglichkeiten zu bieten schien. Es sollte den Angreifern ermöglichen, die feindlichen Abwehrlinien im Grabenkampf zu durchbrechen. In der zweiten Kriegshälfte gelangen den alliierten Tanks an einigen Stellen tiefe Einbrüche in die deutschen Linien. Nachdem sie die neue Waffe schon im September 1916 in der Schlacht an der Somme eingesetzt hatten, spielte der Tank in der Schlacht von Cambrai im November 1917 eine noch wirkungsvollere Rolle, obwohl mechanische Fehler, Wartung sowie die Versorgung mit Ersatzteilen und Treibstoff vielerlei Probleme aufwarfen.

In den zwanziger Jahren fand in Militärkreisen Großbritanniens und anderer Staaten eine engagierte Diskussion über die Möglichkeiten einer weiteren Verwendung des Panzers statt. Sie hatte exemplarischen Charakter für die Beurteilung



80. Englischer Tank »Mark I« im Einsatz. Photographie, September 1916

der Rolle neuartiger Waffen im Krieg. Befürworter der Panzerwaffe wie die Offiziere und Militärtheoretiker J. F. C. Fuller (1878–1966) und B. H. Liddell Hart (1895–1970) verwiesen auf die Erfolge mit dem Panzer im Ersten Weltkrieg und hielten einen massiven Einsatz verbesserter Typen in künftigen militärischen Auseinandersetzungen für kriegsentscheidend. Fuller und Liddell Hart konzipierten die Aufstellung ganzer Panzerdivisionen, die den gegnerischen Abwehrgürtel durchbrechen und ins feindliche Hinterland vordringen sollten. Vor allem jüngere Offiziere fühlten sich von solchen Überlegungen angesprochen, sahen sie doch in einem derartigen Einsatz die Chance, als Panzerkommandanten wieder eine größere Handlungsfreiheit zu erlangen. Für die Befürworter der Panzerwaffe stellte dieses Fahrzeug zugleich ein Symbol dar, das, stärker noch als das Kriegsschiff, das Gefühl der Wehrhaftigkeit mit dem der Geborgenheit verband. Außerdem vertraten sie die Ansicht, der durch die Panzer weiter mechanisierte Krieg werde ein schnelleres Ende finden und viele Menschenleben schonen. – Ihre Kontrahenten machten hingegen geltend, daß ein Panzer, der zum Angriff genutzt werden könne, auch zum Gegenangriff taugte. Das Bild künftiger Panzerschlachten zeichnete sich ab. Die Vorstellung der Unverletzlichkeit dieser gepanzerten Kettenfahrzeuge hielten die Skeptiker für Wunschdenken; denn der Gegner konnte die Kampfzonen mit zerstörerischen Minen und sonstigen Panzerabwehrwaffen präparieren. Andere Ein-

wände betrafen Schwierigkeiten und hohe Kosten bei Wartung und Nachschub. Zudem mußte der Panzer, wollte man im internationalen Konkurrenzkampf bestehen, ständig modernisiert werden. Diese Argumente wurden durch eine grundsätzliche Überlegung ergänzt: Waffensysteme und Technik könnten, so die Meinung der Skeptiker, niemals den Menschen ersetzen. Die Waffentechniker hätten nämlich auf jede Innovation alsbald eine entsprechende Antwort bereit. Insofern könnten neue, aufwendige Waffensysteme die Dauer eines Krieges nicht abkürzen, sondern würden ihn nur verteuern und auf eine noch zerstörerische und verlustreichere Stufe heben.

Gegen viele skeptische Stimmen setzte sich die Vorstellung durch, Panzer in einem künftigen Landkrieg in großem Umfang zu nutzen. Allerdings war deren taktische und strategische Rolle noch umstritten: Stärker herkömmlichem Denken verhaftete Offiziere forderten die Beibehaltung der bekannten Taktik, nach der Panzer im wesentlichen die Infanterie und Artillerie unterstützen sollten. Andere wie der deutsche Panzergeneral Heinz Guderian (1888–1954) forderten eine selbständige, operative Rolle des Panzers. Dieser Auffassung, auf der zum guten Teil auch das Blitzkriegskonzept beruhte, schloß sich Adolf Hitler an. Derart erschien es möglich, eine zahlenmäßige Unterlegenheit Deutschlands durch Schnelligkeit und Nutzung moderner Technik wettzumachen. Auch hier paßte sich die Taktik der

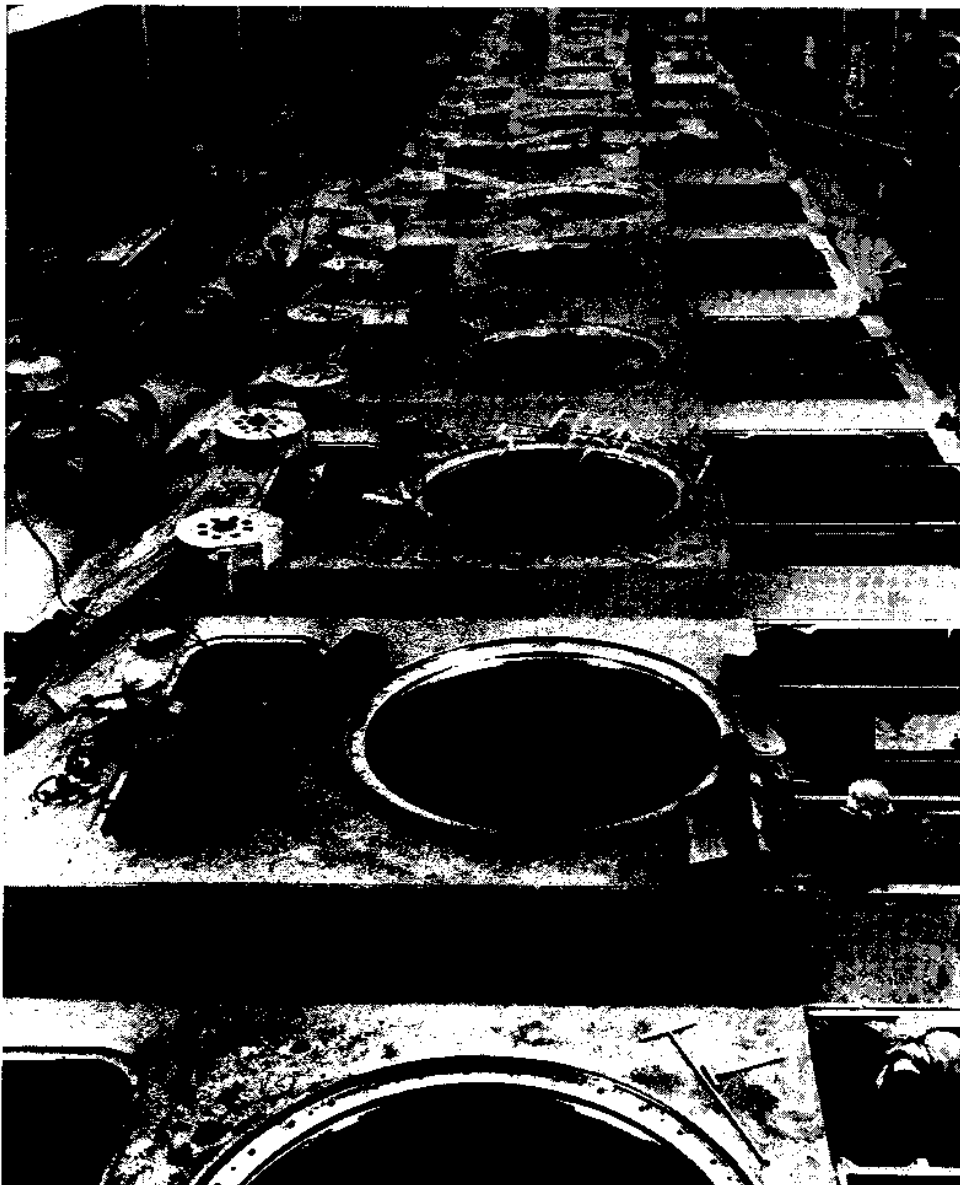


81. Zerstörter »Mark I«-Tank und Kriegsgräber der Briten bei Courcellette. Photographie, September 1917

neuen Technik an. Gemeinsam mit Verbesserungen in Kommunikation und Transport führte sie zu einem Wandel der Strategie.

Stärker noch als bei der Rüstung zu Lande wird das Bild des Rüstungswettlaufs in der Entwicklung der Seestreitkräfte deutlich. Immer größere, schnellere, besser bewaffnete und stärker gepanzerte Kriegsschiffe sollten dem politischen und wirtschaftlichen Rivalen und potentiellen Kriegsgegner Respekt einflößen und ihn zur Zurückhaltung auffordern. Dabei galt zunächst, daß größere Schiffe aufgrund ihrer Feuerkraft die kleineren in Schach halten könnten. Diese Regel war jedoch schon mit dem Aufkommen des Torpedos in den sechziger Jahren des 19. Jahrhunderts durchbrochen worden. Nun waren selbst die größten britischen Kriegsschiffe verletzlich, so daß sie sich mit einer Schar von Zerstörern umgeben mußten, welche die Torpedoboote versenken sollten. Andere Staaten folgten dem Beispiel, so daß letztlich doch die Größe im Schiffbau dominierte. Die Folgen eines verzögerten Agierens im Rüstungswettlauf bekam die russische Kriegsmarine zu spüren, deren Pazifik-Flotte 1904 in der Seeschlacht von Tsushima von einem japanischen Geschwader versenkt wurde. Gemäß der Vorstellung, daß die größten Schiffe auch die führende Stellung auf den Weltmeeren garantierten, leitete die britische Royal Navy im Jahr 1906 mit der Indienstnahme der »Dreadnought« eine neue Runde im Rüstungswettlauf ein. Das gewaltige Panzerschiff mit einer Wasserverdrängung von 18.800 Tonnen hatte statt der üblichen 2 Panzertürme mit je 2 großkalibrigen Geschützen nun deren 5. In ihrer Flottenpolitik folgten die Marine Großbritanniens und die Seestreitkräfte anderer am Rüstungswettlauf beteiligter Staaten den Lehren des amerikanischen Marinehistorikers und -theoretikers Alfred Thayer Mahan (1840–1914), die er in seinem 1890 erschienenen Werk »The influence of sea power on history« verkündet hatte. Große, kampfstärke Schiffe sollten den eigenen Handelsschiffen die ungehinderte Fahrt auf den Ozeanen ermöglichen. Die Seeherrschaft werde der Nation gehören, die über die stärkste Schlachtflotte verfüge.

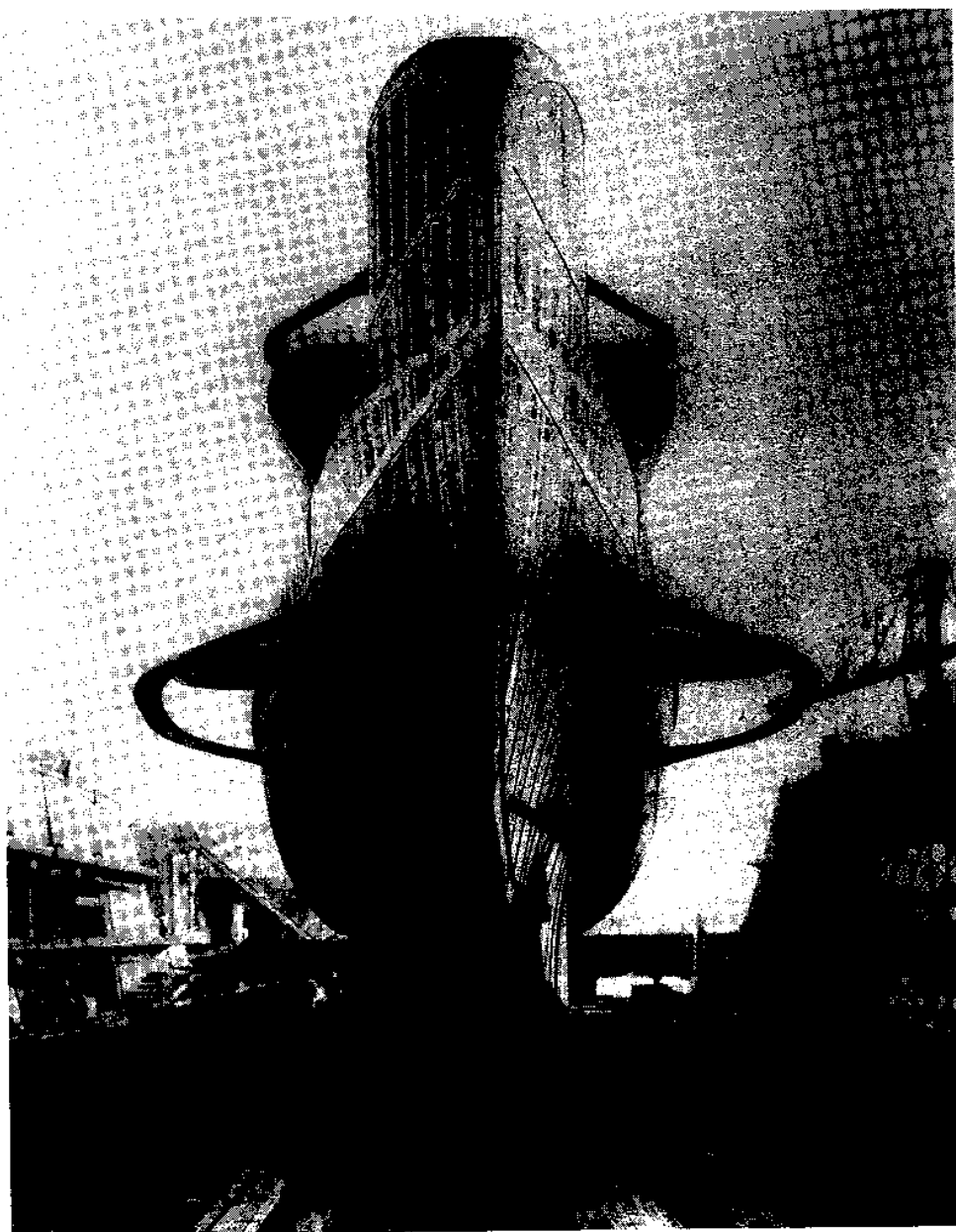
Die Richtigkeit der Lehre Mahans schien sich im Ersten Weltkrieg zu bestätigen. Es gelang Großbritannien, Deutschland einer wirksamen Seeblockade zu unterwerfen, der die Tirpitzsche Flotte nicht ausreichend Paroli zu bieten vermochte. Allerdings hatte Mahan das Unterseeboot nicht in seine Kalkulationen einbezogen. Erste Versuche mit Tauchbooten fanden bereits im 17. Jahrhundert statt. 1851 baute der bayerische Unteroffizier Wilhelm Bauer (1822–1875) seinen »Brandtaucher«. 1898 entwarf der Ire John Holland (1840–1914) ein Unterseeboot, das über Wasser von einem Verbrennungsmotor und unter Wasser von einem Elektromotor angetrieben wurde. U-Boote hatten einen wasserdichten, röhrenförmigen Rumpf, den Druckkörper. In Tauchtanks wurde zum Tauchen Wasser eingelassen, das man zum Auftauchen mit Druckluft ausdrückte. Ab 1906 fanden statt des feuergefährlichen Petroleum-Motors Diesel-Motoren Verwendung. Sie dienten als Antrieb für die Überwasserfahrt und luden gleichzeitig die Akkumulatorbatterien für die Elektro-



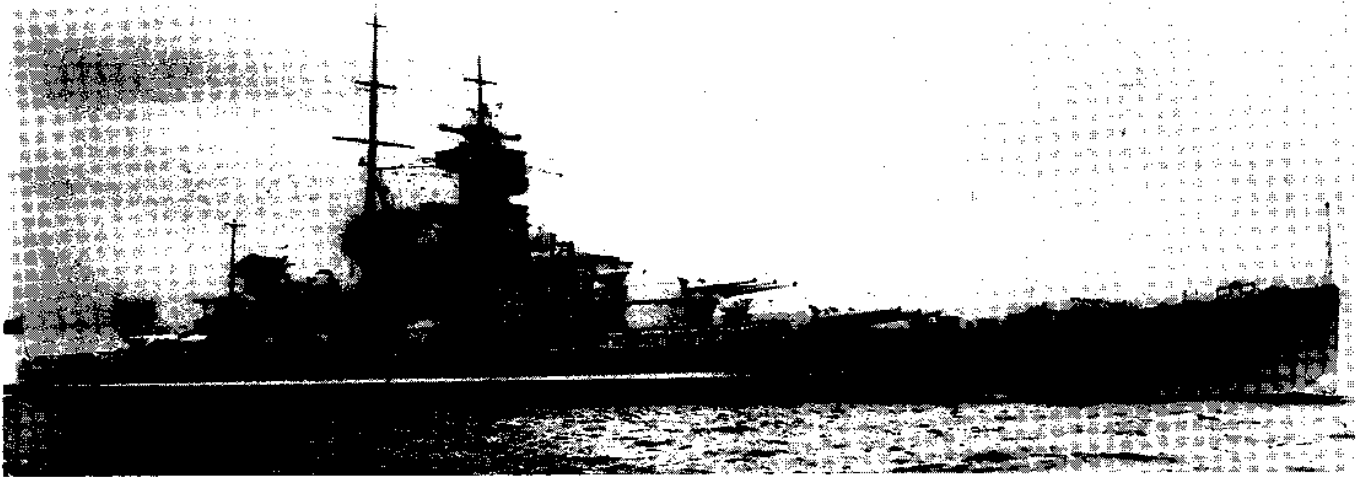
82. Serienfertigung des deutschen Panzerkampfwagens »Panther«. Photographie, 1944

motoren zur Unterwasserfahrt auf. Auch die weiterentwickelten U-Boote der folgenden Jahre, die eigentlich immer noch »Tauchboote« waren, blieben auf einen Aktionsradius von 80 Seemeilen und auf eine Tauchtiefe bis zu 170 Meter beschränkt. Diese Grenzen ergaben sich aus dem zur Verfügung stehenden Luftvorrat, der Leistung der Batterien sowie der Belastbarkeit des Druckkörpers. Mit der Entwicklung von Ortungsgeräten und dem Einsatz von Wasserbomben boten sich bald Möglichkeiten zur Bekämpfung von U-Booten. Letztere dienten zunächst dem Küstenschutz, wurden aber bald zu einem seetüchtigen Waffensystem. Indem sie im Ersten Weltkrieg die Blockade der Entente durchbrachen und alliierte Geleitzüge auf dem Atlantik bekämpften, eröffneten sie der deutschen Seekriegführung neue Möglichkeiten. Obwohl der U-Bootbau in Deutschland nach dem Krieg gemäß

Versailler Vertrag verboten war, wurden getarnte U-Bootprojekte durchgeführt. Deshalb standen zu Beginn der Aufrüstung bereits neu konstruierte U-Boottypen zur Verfügung. Entfaltete die U-Bootwaffe in den ersten Jahren des Zweiten Weltkrieges noch eine beträchtliche Wirkung, so legte, zusätzlich zur Sonar-Ortung unter Wasser, der Einsatz des Radars die deutschen U-Boote im Jahr 1943 weitgehend lahm. Deutschen Ingenieuren gelang es, Gegenmaßnahmen gegen den Radareinsatz der Alliierten zu entwickeln. Durch den Einsatz von Schnorcheln konnten deutsche U-Boote ab 1943 etwa 24 Stunden lang unter Wasser operieren, ohne aufzutauchen. Die Batterien wurden geladen, während das U-Boot auf Tauchfahrt blieb. Eine Wende im Seekrieg erfolgte hierdurch jedoch nicht.



83. Deutsches Unterseeboot »UC II« im Dock. Photographie, 1916



84. Das deutsche Schlachtschiff »Gneisenau«. Photographie, um 1936

Die Beschränkungen des deutschen Kriegsschiffbaus durch den Versailler Vertrag führten bei den deutschen Werften zu Anstrengungen, leichtere Schiffe mit gleicher und möglichst noch höherer Leistung zu bauen als die im Ersten Weltkrieg verwendeten. Das elektrische Lichtbogenschweißen ersetzte das Nieten, und die Verwendung verbesserter, hochfester Stähle für die Schiffskörper und des Aluminiums für die Wände reduzierte das Gewicht. Zum Schiffsantrieb wurden neben Turbinen nun verstärkt Diesel-Motoren installiert. Sie hatten den Vorteil, innerhalb kurzer Zeit die volle Leistung zu erreichen und im operativen Einsatz weniger Brennstoff zu verbrauchen. Der spezifische Verbrauch bei niedriger Teillast stieg hier kaum an, während er sich bei der Turbine verdoppelte. Die ab 1933 in den Kriegsschiffbau eingeführten Hochdruck-Dampf-Turbinen waren zwar leichter und benötigten weniger Raum, doch es traten häufig Schäden an Überhitzern, Rohrleitungen und Ventilen auf. Obwohl Schlachtschiffe auch im Zweiten Weltkrieg noch eine bedeutende Rolle spielten, wurden sie vom Flugzeugträger aus ihrer führenden Stellung verdrängt. Der Einsatz seegestützter Flugzeuge war im Zweiten Weltkrieg im pazifischen Raum von entscheidender Bedeutung. Bei der Schiffsartillerie setzte sich das indirekte Schießen endgültig durch. Hierbei visierte die Geschützbedienung das Ziel nicht mehr selbst an, sondern stellte lediglich die vom Artillerieoffizier befohlenen Werte ein, die dieser vorher mit Hilfe mechanischer Rechengeräte ermittelt hatte. Das bewirkte – wie bei der Landartillerie – eine weitere »Entfremdung« der Geschützbedienung vom Gegner, was teilweise Motivationsschwierigkeiten hervorrief.

Anders als die Seestreitkräfte hatten die Luftstreitkräfte keine lange Tradition im Ersten Weltkrieg. Ihre wesentliche Funktion lag in der Unterstützung des Landkrieges. Flugzeuge wurden vorwiegend zu Aufklärungszwecken eingesetzt. Um die eigene Aufklärung zu schützen, kamen wiederum Jagdflugzeuge zum Einsatz, die

Luftkämpfe gegeneinander austragen. Die Zunahme der Reichweite, Geschwindigkeit und Bewaffnung von Flugzeugen machte es möglich, diese als eine neue Form der Artillerie zu gebrauchen. Für die Aufgaben eines Fernaufklärers und strategischen Bombers erschien vor allem das Luftschiff geeignet. Dessen Verwundbarkeit setzte seinem Einsatz jedoch enge Grenzen. Britische Jagdflugzeuge schossen die hochexplosive Gasfüllung deutscher Luftschiffe in Brand. Man sah sich gezwungen, in immer größeren Höhen zu fliegen, wodurch sich die ohnehin geringe Treffergenauigkeit beim Bombenabwurf weiter verminderte. – Piloten kämpften in der Luft mit Handfeuerwaffen, vor allem mit Pistolen und Handgranaten. Nachdem Anthony Fokker (1890–1939) der Einbau eines mit dem Motor synchronisierten, starr eingebauten Maschinengewehrs in das Flugzeug gelungen war, kam auch das MG beim Luftkampf verstärkt zum Einsatz. An die Verwendung des Zeppelins als Bombenflugzeug knüpfte die Entwicklung der Riesenflugzeuge an, deren operativer Vorteil in ihrer verhältnismäßig großen Reichweite mit einem Aktionsradius von 500 Kilometern lag.

Der Erste Weltkrieg brachte einen neuen Typ des Helden hervor: den Jagdflieger. Von den »Rittern der Lüfte«, vor allem den »Flugassen«, wurde in den verschiedenen kriegführenden Nationen voller Bewunderung gesprochen. In der Tat konnte das fliegerische Geschick beim Luftkampf Schwächen in der Konstruktion von Flugzeugen wenigstens teilweise ausgleichen. Es kam darauf an, den Gegner durch überraschende Flugfiguren auszumanövrieren. Ziel war es, an die am stärksten verwundbaren Stellen des gegnerischen Flugzeugs, die unter dem Rumpf und am Heck lagen, zu gelangen und sie zu beschießen. Doch in der Regel setzte sich bei Luftkämpfen die zahlenmäßige Überlegenheit durch. Von den etwa 3.200 deutschen Piloten, die im Ersten Weltkrieg gefallen sind, kam fast die Hälfte ohne Feindeinwirkung ums Leben. Bei den Verwundeten lag der Anteil sogar über 50 Prozent. Das ließ die technische Anfälligkeit der Flugzeuge offenbar werden. Bis zum Zweiten Weltkrieg wurden zwar manche technischen Probleme behoben, aber auch dann führten unausgereifte Flugzeugtypen und mangelnde Flugerfahrung zu zahlreichen tödlichen Unfällen ohne Feindberührung.

Die Fluggeschwindigkeit der im Ersten Weltkrieg verfügbaren Maschinen stieg von 100 Stundenkilometern zu Beginn des Krieges auf 200 Stundenkilometer bei Kriegsende. Die Motorleistung wuchs von 100 auf 300 PS, die Flughöhe von 1.200 Metern auf 9.000 Meter. Auch die Flugdauer konnte von 5 Stunden auf 9 Stunden erhöht werden. Insgesamt kamen während des Ersten Weltkrieges etwa 200.000 Flugzeuge zum Einsatz. Allein die deutsche Flugzeugindustrie lieferte etwa 48.000 Flugzeuge an die Militärbehörden. Mit 68.000 beziehungsweise 50.000 Flugzeugen lagen die britische und die französische Produktion noch höher. Obwohl die Vereinigten Staaten erst 1917 in den Krieg eingriffen, wurden auch hier 11.000 Flugzeuge gebaut. Als Engpaß in der Flugzeugproduktion erwies sich, zumal in



85. Der Dreidecker-Bomber »Bristol Braemar Mark I«

Deutschland, der Flugzeugmotorenbau. Hier waren Konstruktionen gefragt, die ein möglichst geringes Gewicht mit hoher Leistung verbanden. Trotz des gewaltigen zahlenmäßigen Umfangs der militärischen Luftfahrt im Ersten Weltkrieg wurden die ausschlaggebenden Schlachten am Boden entschieden.

Wie bei der Heeres- und Marinerüstung, so führte man auch bei der Luftrüstung zur Zeit der Weimarer Republik »verdeckte« Forschungs- und Entwicklungsarbeiten durch, die 1933 in ein umfangreiches Rüstungsprogramm mündeten. Die anderen Großmächte entwickelten ebenfalls ihre Militärflugzeuge in der Zwischenkriegszeit weiter. Zu Beginn des Zweiten Weltkrieges erreichten die Flugzeugmotoren eine Leistung von über 1.000 PS und konnten über 600 Stundenkilometer schnell fliegen. Flugwettbewerbe dokumentierten Leistungsfähigkeit, und die großen Flugzeugfirmen bemühten sich, durch den Bau überlegener Maschinen vom Staat lukrative Serienaufträge zu erhalten. Das Arsenal der zur Verfügung stehenden Flugzeugtypen erweiterte sich rasch. Es bestand im wesentlichen aus leichten Flugzeugen zu Aufklärungs- und Verbindungszwecken, einmotorigen Jägern, zweimotorigen leichten und mittleren Bombern, viermotorigen schweren Bomberflugzeugen und verschiedenen Transportern. Die deutsche Luftrüstung legte besonderes Gewicht auf den Bau von Sturzkampf-Bombern, während Briten und Amerikaner schwere viermotorige Bomber favorisierten.

Hatte in der Seekriegführung Alfred Thayer Mahans Werk »The influence of sea power on history« eine bedeutende Rolle gespielt, so gilt für das 1921 erschienene Buch »Il dominio dell' aria« des italienischen Fliegeroffiziers Giulio Douhet

(1869–1930) Ähnliches hinsichtlich des späteren Luftkrieges. Die deutsche Ausgabe erschien 1935 unter dem Titel »Die Luftherrschaft«. Douhet sprach den Luftstreitkräften in einem zukünftigen Krieg die entscheidende Bedeutung zu. Dabei legte er besonderes Gewicht auf den Bombenkrieg, der eine zweifache Aufgabe habe: Er sollte zum einen die Rüstungszentren des Feindes sowie dessen Energieversorgung und Infrastruktur lähmen, zum anderen durch umfassende Angriffe auf die gegnerische Zivilbevölkerung deren Widerstandswillen brechen – beides, um die Regierung des Kriegsgegners zur Kapitulation zu veranlassen. Die Lehre Douhets stieß in den Luftfahrtkreisen Großbritanniens und der Vereinigten Staaten auf starken Widerhall. Englische Luftkriegsstrategen wie Sir Hugh Trenchard (1873–1956) und Arthur Harris (1892–1984) machten sich die zweite Variante mit dem Ergebnis verheerender Nachtangriffe auf die deutsche Zivilbevölkerung zu eigen. Dabei wurde deutlich, daß der Zweite Weltkrieg mehr war als eine Auseinandersetzung zwischen den Streitkräften kriegführender Staaten. Im Sinne eines »totalen Krieges« wurde, auch von deutscher Seite, die Zivilbevölkerung in die Kriegshandlungen einbezogen, nachdem die Rüstung schon im Ersten Weltkrieg einen umfassenden Charakter angenommen hatte. Dennoch erreichten weder die alliierten Flächenbombardements der Zivilbevölkerung noch die deutschen Terrorangriffe auf die britische Bevölkerung das gesteckte Ziel. Die amerikanische Luftkriegführung praktizierte vornehmlich die andere Variante der Strategie Douhets. Mit gezielten Bombenangriffen auf die Zentren der deutschen Rüstungsindustrie sowie auf Infrastruktur und Energieversorgung versuchte sie, den Zusammenbruch der deutschen Kriegswirtschaft herbeizuführen. Auch diese Strategie entsprach nicht den Erwartungen. 1944 erreichte die deutsche Rüstungsproduktion durch Verlagerungen, Verlegungen unter die Erde, rationellere Fertigungsverfahren und »Entfeinerungen« sogar einen Höhepunkt. Immerhin erzielten die alliierten Luftangriffe in der letzten Phase des Krieges beträchtliche Wirkungen. Sie trugen maßgeblich dazu bei, daß deutsche Nachschublinien unterbrochen wurden und die Energie- und Treibstoffversorgung, insbesondere mit Flugbenzin, nicht mehr gewährleistet war.

Anders als in Großbritannien und in den Vereinigten Staaten war die Lehre Douhets in Deutschland stark umstritten. Dennoch forderten verschiedene Luftstrategen und auch Hitler den Bau von Bombern und vertraten, wie Douhet, die Ansicht, Luftstreitkräfte seien ihrer Natur nach Angriffswaffen. Sie forderten daher den Bau strategischer Langstreckenbomber. Die Heeresführung dagegen war vornehmlich an einer direkten Unterstützung ihrer Landoperationen interessiert und legte großen Wert auf den Bau von Sturzkampf-Bombern, Aufklärern und Jagdflugzeugen. Dem entsprach die rasche Aufrüstung der Luftwaffe nach 1933. Das in den ersten beiden Kriegsjahren erfolgreiche Blitzkriegskonzept beruhte auf dem operativen Zusammenwirken von Luftwaffe und motorisierten Heeresverbänden, nament-



86. Me-110-Zerstörer von Messerschmitt über dem zerbombten Dünkirchen. Photographie, Mai 1940

lich Sturzkampf-Bombern und Panzern. Dabei spielte der Einsatz des Funks eine gravierende Rolle. Gleichzeitig wollte man jedoch, im Sinne Douhets, mit Fernbomben einen strategischen Luftkrieg führen. Aber dieses Unterfangen überforderte die wirtschaftlichen und technologischen Möglichkeiten Deutschlands. In der zweiten Kriegshälfte nahm die quantitative Überlegenheit der alliierten Luftstreitkräfte gewaltige Ausmaße an. Die von deutschen Politikern und Militärs so häufig beschworene qualitative Überlegenheit der deutschen Rüstung ließ sich nicht erzwingen. Die Gründe hierfür lagen vielfach in Problemen der Fertigungsorganisation im »Dritten Reich«, namentlich in einer mangelnden Koordination zwischen Reichsluftfahrtministerium, der Luftwaffe und den beteiligten Flugzeugfirmen. Zahlreiche Änderungswünsche der Luftwaffe zogen in der ersten Kriegshälfte häufige Unterbrechungen und Umstellungen der Produktion nach sich und erlaubten nur kleine Serienherstellungen. Mit dem allgemeinen Übergang zur Fließfertigung, mit der



87. Rumpf-Serienbau der Ju 88 von Junkers. Photographie, Beginn des Zweiten Weltkrieges

Vereinfachung des Produktionsvorgangs und dem stärkeren Einfluß der Industrie auf die Produktionslenkung erhöhte sich aber die Flugzeugproduktion nach 1942 rasch. Der aufgrund von Facharbeitermangel erfolgte verstärkte Einsatz von Fremd- und Zwangsarbeitern erforderte einfachere Produktionsverfahren, bei denen Einzweckmaschinen häufig die Universalwerkzeugmaschinen ersetzten. Machte bei der Firma Heinkel der Anteil der gelernten Arbeitskräfte zu Kriegsbeginn noch fast die Hälfte aus, so reduzierte er sich bis 1943 auf gut 10 Prozent. Die geänderte Produktionsorganisation erwies sich als derart effektiv, daß die Produktivität der deutschen Flugzeugindustrie in der zweiten Kriegshälfte um mehr als 60 Prozent anstieg. Gleichwohl war die alliierte Konkurrenz übermächtig. Bei der Produktion von Flugzeugmotoren wird der Unterschied zwischen den Möglichkeiten im Deutschen Reich und denen in den Vereinigten Staaten besonders deutlich. Weit umfangreichere Ressourcen, die konsequente Anwendung von Massenproduktionsverfahren mittels Spezialwerkzeugmaschinen und eine nicht durch feindliche Angriffe gestörte Produktion erbrachten hier Ergebnisse, welche die deutsche Industrie nicht entfernt erreichen konnte.