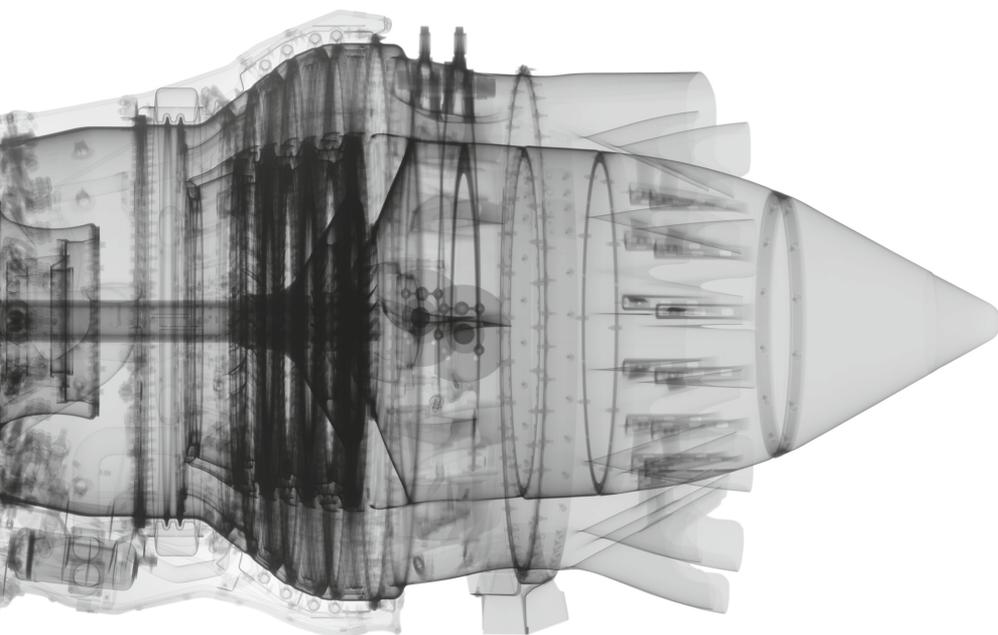


Günther Luxbacher

DURCHLEUCHTEN UND DURCHSCHALLEN

Geschichte der **Deutschen Gesellschaft für
Zerstörungsfreie Prüfung** von 1933 bis 2018



HANSER

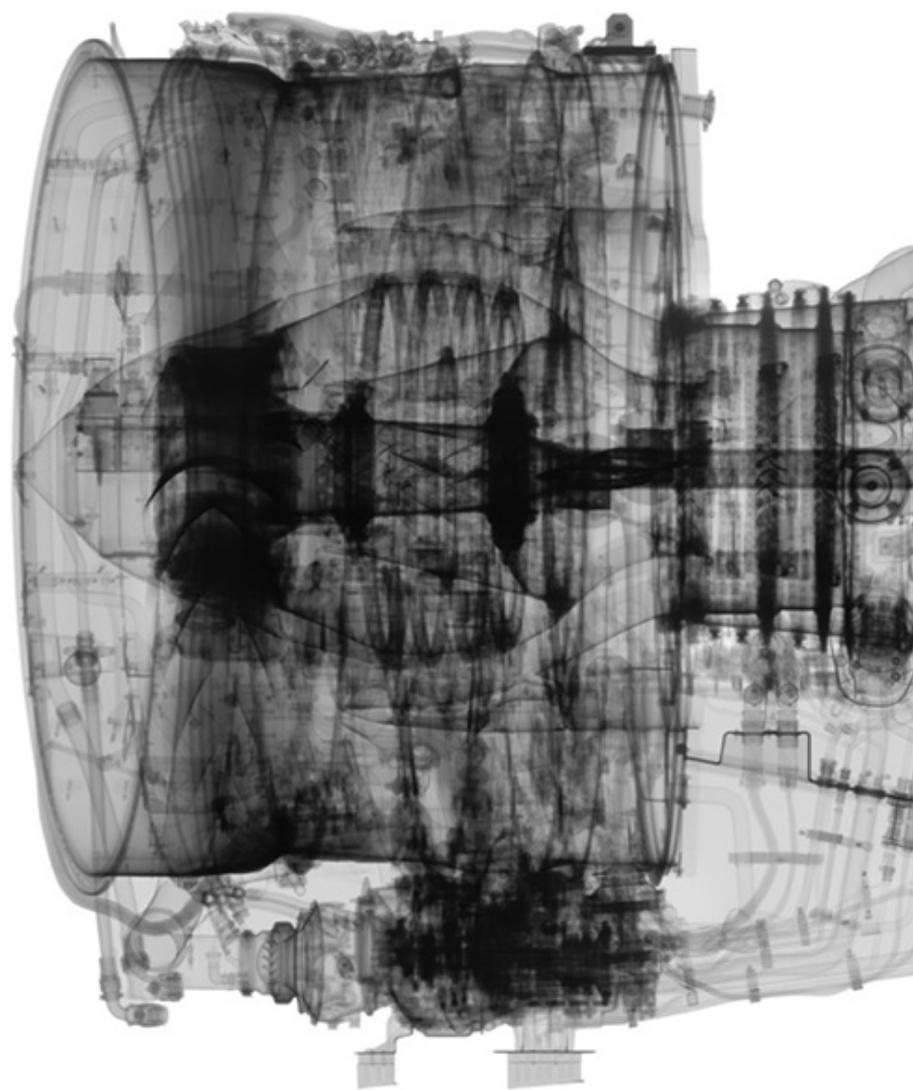
Luxbacher
Durchleuchten und Durchschallen



BLEIBEN SIE AUF DEM LAUFENDEN!

Hanser Newsletter informieren Sie regelmäßig über neue Bücher und Termine aus den verschiedenen Bereichen der Technik. Profitieren Sie auch von Gewinnspielen und exklusiven - Leseproben. Gleich anmelden unter

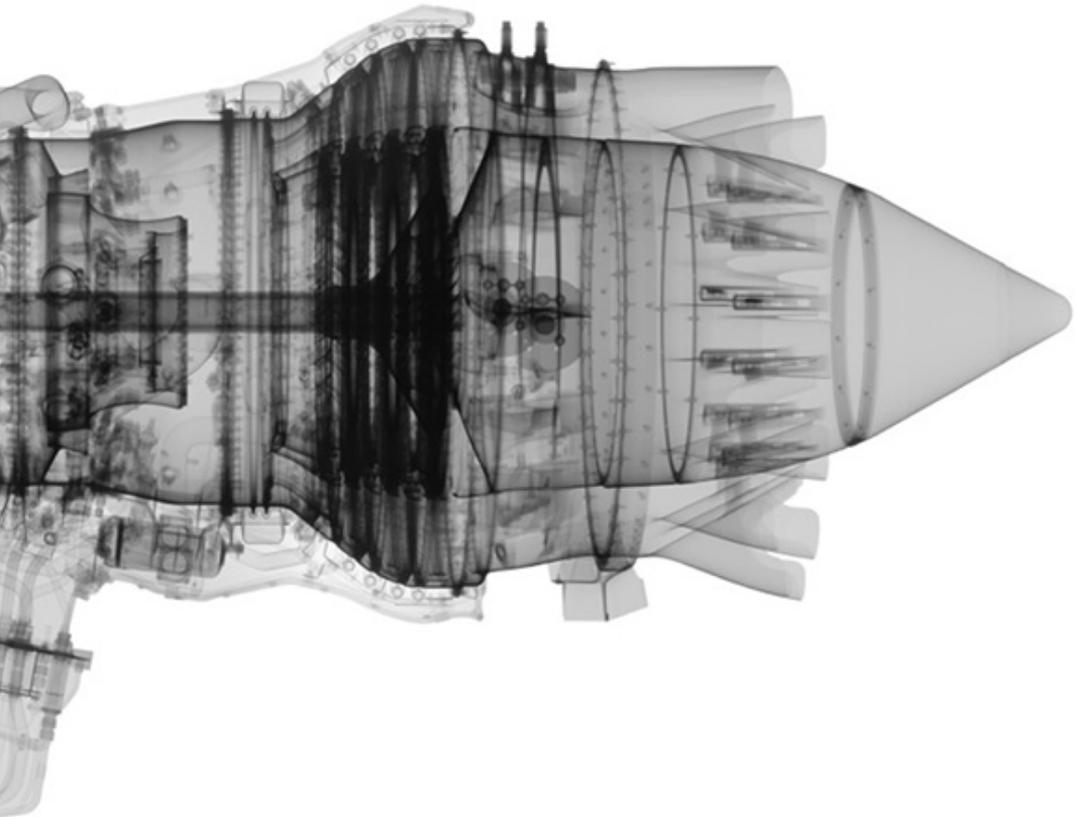
www.hanser-fachbuch.de/newsletter



Günther Luxbacher

DURCHLEUCHTEN UND DURCHSCHALLEN

Geschichte der Deutschen Gesellschaft
für Zerstörungsfreie Prüfung von 1933 bis 2018



Herausgegeben von der Deutschen Gesellschaft
für Zerstörungsfreie Prüfung e. V.

HANSER

Der Autor:

Günther Luxbacher, geboren in Wien, Ausbildung zum Textiltechniker, Studium der Wirtschafts- und Sozialgeschichte. Promotion als Univ.-Ass. am Lehrstuhl für Geschichte der Technik der RWTH Aachen zur Geschichte der deutschen Elektroindustrie im frühen 20. Jahrhundert. Post-Doc-Stipendiat am Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte Berlin. Mitarbeit in den Forschergruppen „Geschichte der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft“ und „Geschichte der Deutschen Forschungsgemeinschaft 1920-1970“. 2012 Habilitation in den Fächern Wissenschafts- und Technikgeschichte der Geisteswissenschaftlichen Fakultät der TU Berlin zur Frage des Verhältnisses zwischen Werkstoffen und Ersatzstoffen im 20. Jahrhundert. Zuletzt erschien im Beuth-Verlag die Monographie „DIN von 1917 bis 2017. Normung zwischen Konsens und Konkurrenz im Interesse der technisch-wirtschaftlichen Entwicklung“.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Print-ISBN 978-3-446-45921-2

E-Book-ISBN 978-3-446-45937-3

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutzgesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Alle in diesem Buch enthaltenen Verfahren bzw. Daten wurden nach bestem Wissen dargestellt. Dennoch sind Fehler nicht ganz auszuschließen.

Aus diesem Grund sind die in diesem Buch enthaltenen Darstellungen und Daten mit keiner Verpflichtung oder Garantie irgendeiner Art verbunden. Autoren und Verlag übernehmen infolgedessen keine Verantwortung und werden keine daraus folgende oder sonstige Haftung übernehmen, die auf irgendeine Art aus der Benutzung dieser Darstellungen oder Daten oder Teilen davon entsteht.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdruckes und der Vervielfältigung des Buches oder Teilen daraus, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf ohne schriftliche Einwilligung des Verlages in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrofilm oder einem anderen Verfahren), auch nicht für Zwecke der Unterrichtsgestaltung – mit Ausnahme der in den §§ 53, 54 URG genannten Sonderfälle –, reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

© 2018 Carl Hanser Verlag

www.hanser-fachbuch.de

Lektorat: Volker Herzberg

Herstellung und Satz: le-tex publishing services GmbH, Leipzig

Umschlaggestaltung: Sigrid Sy

Titelbild: Copyright MTU Aero Engines AG

Druck und Bindung: Hubert & Co. GmbH & Co. KG BuchPartner, Göttingen

Printed in Germany



Vorwort des Herausgebers

Seit Urzeiten prüften Menschen die von ihnen verwendeten Roh- und Werkstoffe in zerstörender sowie in nicht zerstörender Weise. Aber erst mit der Industrialisierung im 19. und frühen 20. Jahrhundert stiegen diese beiden Zweige der Materialprüfung und Werkstofftechnik zu eigenständigen technikkwissenschaftlichen Disziplinen auf. Mit der Entdeckung der Röntgenstrahlen und der Weiterentwicklung brauchbarer Röntgenröhren erhielt die Zerstörungsfreie Prüfung im frühen 20. Jahrhundert eine industrielle Basis.

Die Notwendigkeit einer eigenständigen Forschungsrichtung der Zerstörungsfreien Prüfung konkretisierte sich schließlich Anfang der 1930er Jahre. Vor 85 Jahren, im Sommer 1933, gründete eine Reihe Interessierter auf dem Gelände des Staatlichen Materialprüfungsamts in Berlin-Dahlem eine von diesem Amt noch weitgehend unabhängige Röntgenstelle. Verwaltet wurde sie von einem Förderverein. 1936 anerkannte der Staat, dass die Röntgenstelle auch in öffentlichem Auftrag handeln dürfte. Seither durfte sie den Namen „Reichsröntgenstelle“ tragen und kann damit weltweit als die erste staatlich anerkannte Stelle für Zerstörungsfreie Prüfung gelten.

Der Förderverein wurde 1937 vereinsrechtlich in Gesellschaft zur Förderung Zerstörungsfreier Prüfverfahren umbenannt, 1949 erneut gegründet und erhielt 1975 endgültig seine heutige Bezeichnung Deutsche Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung e. V. (DGZfP). Die DGZfP ist ein Verein, dessen Ziele die Erforschung, Entwicklung, Anwendung, Verbreitung und Förderung der Zerstörungsfreien Prüfung und ihrer Verfahren sind. Sie organisiert die Kommunikation und den Erfahrungsaustausch zwischen der Forschung und Entwicklung sowie den Anwendern und Geräteherstellern auf dem Gebiet der ZfP. Zu diesem Zweck organisiert die DGZfP regionale Arbeitskreise, die insbesondere den praxisnahen Erfahrung- und Informationsaustausch durch regelmäßige Sitzungen fördern. Darüber hinaus hat die DGZfP Fachausschüsse eingerichtet, die sich mit der Lösung spezieller verfahrenstechnischer Probleme beschäftigen und die Herausgabe von Merkblättern und Fachliteratur durch die Gesellschaft vorbereiten. Derzeit zählt der Verein ca. 1000 Mitglieder und ca. 600 korporative Mitgliedsunternehmen.

Die DGZfP gehört mit der vorliegenden Publikation zu den wenigen technisch-wissenschaftlichen Vereinen in Deutschland, die von sich behaupten dürfen, sowohl auf eine wissenschaftlich fundierte historische Monographie als auch auf ein kleines Archiv zur Geschichte des Faches verweisen zu können. Der Anstoß und das Gelingen des sich über mehrere Jahre erstreckenden Forschungsprojekts war nur durch das historische Interesse, das Verständnis und die Mitwirkung der Vereinsmitglieder, des Beirats sowie eines ehrenamtlich tätigen wissenschaftlichen Fachgremiums möglich.

Berlin, Oktober 2018

Der Vorstand der DGZfP im 85. Jahr ihres Bestehens

Grußwort des wissenschaftlichen Beirats

Die Technische Universität Berlin gehört zu den Pionieren der technikgeschichtlichen Forschung und Lehre. Bereits vor dem Ersten Weltkrieg übernahm Conrad Matschoß, der spätere Direktor des Vereins Deutscher Ingenieure, einen Lehrauftrag für Geschichte der Maschinenteknik. In der Zeit nach dem Zweiten Weltkrieg wurde zuerst eine Professur für Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik eingerichtet und dann eine selbständige Professur für Technikgeschichte.

Im Fachgebiet Technikgeschichte gehörte die Geschichte der Technikwissenschaften zu den Schwerpunkten, was die Geschichte der Materialforschung einschloss. In diesem Zusammenhang fertigte Günther Luxbacher eine Habilitationsschrift „Werkstoffe und Ersatzstoffe“ an. Dabei kam er in Kontakt zur Deutschen Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung (DGZfP) und brachte dort eine Arbeit zur Geschichte der DGZfP in Vorschlag. Seine hier präsentierte historische Ausarbeitung schlägt einen großen Bogen vom späten 19. Jahrhundert bis in die Gegenwart. Sie verknüpft die Darstellung früherer Verfahren der Zerstörungsfreien Prüfung und der Geschichte der DGZfP mit der wechselhaften politischen und gesellschaftlichen Geschichte Deutschlands. Dabei erschließt er zahlreiche bislang unbekannte Quellen und wertet sie aus.

Die Geschichte der Zerstörungsfreien Prüfung war eng mit der Geschichte der Technischen Universität Berlin verbunden. Die Gewerbeakademie als Vorgängereinstitution integrierte schon früh die Materialforschung und -prüfung. Die Technische Hochschule Berlin bildete zahlreiche Fachleute für Schweißtechnik und Zerstörungsfreie Prüfung aus, darunter mit Hermann Burkhardt und Erich Siebel zwei Vorsitzende der Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfverfahren. Erich Siebel wurde Präsident des Staatlichen Materialprüfungsamts und des Deutschen Normenausschusses. Der Begründer der modernen ZfP in Deutschland, Rudolf Berthold, trug das Fachgebiet seit 1938 in Vorlesungen vor. 1941 wurde an der Technischen Hochschule Berlin die Zerstörungsfreie Prüfung im Zusammenhang mit

der Aufrüstung ausgebaut. Eine entsprechende Konjunktur erlebte die ZfP an der Technischen Universität Berlin in den Nachkriegsjahrzehnten nicht mehr. Aber immerhin gibt es auch heute einschlägige Lehrveranstaltungen.

Prof. Dr. Wolfgang König

Professor für Technikgeschichte a. D. der Technischen Universität Berlin

Mitglied acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften

Inhalt

1	Was ist und woher kommt die Zerstörungsfreie Prüfung? Relevanz des Themas, Stand der Forschung, Fragestellung der Untersuchung und ihre Methodik	1
2	Vorgeschichte der Zerstörungsfreien Prüfung bis 1895	11
3	Die Anfänge der modernen Zerstörungsfreien Prüfung: Industrielle Röntgentechnik	17
3.1	Röntgens Entdeckung	17
3.2	Frühe Innovationsphasen industrieller Röntgentechnik im Überblick ..	20
3.3	Beispiele früher nichtmedizinischer Anwendungen	27
3.4	Technikproduzenten und Technikkonsumenten als Expertennetzwerke: Erfahrungsaustausch und Gemeinschaftsarbeit von Ingenieuren, Physikern und Ärzten	29
3.5	„Versuchsapparate“: Frühe Zerstörungsfreie Prüfverfahren im Krupp-Konzern bis 1932/33	32
4	Die Durchsetzungsphase industrieller Röntgentechnik (1925 bis 1937)	41
4.1	Die Bedeutung der Schweißtechnik und die Rolle der Schweißtechnischen Versuchsanstalt Wittenberge	41
4.2	Steigende Nachfrage bei Krupp	51
4.3	„Ein dringendes Bedürfnis“: Röntgentechnik, Schweißnähte, Abnahmebedingungen und Überzeugungsarbeit bei Krupp	53
4.4	Die Gründung der Deutschen Gesellschaft für Technische Röntgenkunde 1929 als Vereinnahmungsversuch der Grobstrukturanalyse	66

5 Die Erweiterung des Methodenarsenals der Zerstörungsfreien Prüfung	73
5.1 Magnetprüfmethoden	73
5.2 Radioaktive Strahler	76
5.3 Weitere Beispiele für frühe Zerstörungsfreie Prüfmethoden außerhalb der Röntgentechnik	77
6 Eine Institution für den industriellen Erfahrungsaustausch: Die Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfverfahren und die Reichsröntgenstelle bei der Staatlichen Materialprüfungsanstalt Berlin von 1933 bis 1945	79
6.1 Die Gründer der Röntgenstelle	79
6.2 Fördergemeinschaft und Röntgenstelle	87
6.3 Gründung und erste Jahre der Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfverfahren e.V.	90
6.4 Die Reichsröntgenstelle im institutionellen Konkurrenzkampf des nationalsozialistischen Wissenschaftssystems	96
6.5 Arbeitsaufträge und Profilierungsstrategien der Reichsröntgenstelle ..	109
6.6 Die Reichsröntgenstelle als überparteiliche Instanz und als Partnerin der Industrie	113
6.7 Die öffentliche Wahrnehmung der Reichsröntgenstelle: Die Tagung „Zerstörungsfreie Fehlerprüfung“ von 1937	116
6.8 Unternehmerische Konkurrenz, Wissensdynamik und Fehlererkennbarkeit in der Röntgendefektoskopie von 1931 bis 1945	118
6.9 Röntgen in Fließarbeit: Nationalsozialistische Rüstungsfertigung	126
6.10 Ein ergänzendes Verfahren: Ultraschallprüfung bis 1949	129
6.11 Feinstruktur, Übermikroskop und das Förstersche Werkstoffprüfgerät	135
6.12 Rüstungsforschung: Die Reichsröntgenstelle und das Vierjahresplaninstitut für Zerstörungsfreie Prüfung	137
6.13 Zerstörungsfreie Prüfung als werkstofftechnische Basis im Raketenbau: Heeresversuchsanstalt Peenemünde	145

7	Bewahrungsversuche 1945 bis 1949	153
7.1	„Vollständig kaltgestellt“ oder „Russenaufträge“?: Überlebensmaßnahmen 1945/46	153
7.2	„Herübergerettet“ als „Bundes-Röntgenstelle“?: Die Auflösung und Verselbständigung der Außenstellen	158
7.3	Rudolf Bertholds Versuche zur Erhaltung seiner Professur an der TH Berlin	162
8	Das Laboratorium Prof. Dr. Berthold und die neue Gesellschaft zur Förderung Zerstörungsfreier Prüfverfahren ..	167
8.1	Reaktivierungsmaßnahmen und Gründungen in Neuenbürg, Wildbad und Stuttgart	167
8.2	Generations- und Paradigmenwechsel in Vorstand und Beirat: Der endgültige Rückzug Rudolf Bertholds 1952	175
8.3	Das Ringen um Normalität und Nachhaltigkeit: Inter- institutionelle Kooperation, Mitglieder, Tagungen und Finanzen bis Mitte der 1950er-Jahre	180
8.4	Kraftzentrum Beirat und die erste Internationalisierungsphase: Die Gesellschaft zur Förderung Zerstörungsfreier Prüfverfahren von 1955 bis 1965	185
8.5	Arbeitskreise statt Sektionen	192
9	Westgebundene Internationalisierung	195
9.1	Brüssel 1955: Die deutschen „Zerstörungsfreien“ präsentieren ihren Forschungsstand	195
9.2	Chicago, Tokio und London: Verstetigte Internationalisierung	201
10	Neue Aufgaben	207
10.1	Vom Versuchsballon zum tragenden Element eines technisch-wissenschaftlichen Vereins: Wissensvermittlung	207
10.2	Die Gründung von Ausschüssen	214
10.3	Standortbestimmung der Zerstörungsfreien Prüfung: Eine Stimme aus der Praxis 1963	219

11 Exkurs: DDR-Rückstandsdiskurse 1949 bis 1967	223
11.1 Ernst Schiebold und die akademische Etablierung der Zerstörungsfreien Prüfung in der DDR	223
11.2 Forschen und entwickeln oder importieren? Nicht genutzte Potentiale der DDR-Geräteentwicklung	228
12 Die Durchbruchphase der Deutschen Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung	233
12.1 Die zweite Internationalisierungsphase: Welttagung des International Committee for Non-Destructive Testing, Hannover 1970	233
12.2 Wachstum, Wertschätzung und eine verpasste Gelegenheit: Die Deutsche Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung in den 1970er Jahren	238
13 Ausbildungswesen, Globalisierung, Digitalisierung, Interdisziplinarität und Entgrenzung: Die 1980er Jahre	249
13.1 Ausbildung mit „aller Intensität“	249
13.2 Die DGZfP und die Deutsche Einheit	257
13.3 Disziplinäre Entgrenzung: Vom Werkstoffprüfen zum Überwachen und Erkunden	259
14 Anhang: Chronik der laufenden Ereignisse von 1990 bis 2018	267
15 Resümee	285
16 Literatur- und Quellenverzeichnis	297
16.1 Verzeichnis der Literatur und gedruckten Quellen	297
16.2 Archiv-Verzeichnis	306
16.3 Abkürzungsverzeichnis	306
17 Personenregister	311

Was ist und woher kommt die Zerstörungsfreie Prüfung? Relevanz des Themas, Stand der Forschung, Fragestellung der Untersuchung und ihre Methodik

Die Prüfung von Werkstoffen ist so alt wie die Technik selbst. In jeden produktionstechnischen Prozess ist heute in irgendeiner Art und Weise die Prüfung von Werkstoffen integriert.¹ Bei der klassischen Materialprüfung werden die untersuchten Werkstoffe i. d. R. während des Prüfvorgangs zerstört oder zumindest verändert. Bei der klassischen Materialprüfung der industriellen Zeit nehmen diese Zerstörung spezielle Prüfmaschinen vor, welche den Werkstoffen das Wissen über deren Eigenschaften in möglichst objektiver Form buchstäblich abringen. Neben dieser klassischen Form, der zerstörenden Materialprüfung, gab es immer schon Prüfverfahren, die ihren Prüfgegenstand nicht zerstörten. Im ersten Drittel des 20. Jahrhunderts setzte sich dafür der Begriff der Zerstörungsfreien Materialprüfung bzw. der Zerstörungsfreien Prüfung (ZfP) durch, womit eine klare Abgrenzung zu den anderen Verfahren geschaffen war. Die ZfP stellt damit ein Teilgebiet der Technikwissenschaft Materialwissenschaft und Werkstofftechnik dar, zu dem die Materialprüfung gehört. Ihre genaue Einordnung ist jedoch nicht ganz einfach, erstens aufgrund der starken Inhomogenität der technikwissenschaftlichen Disziplinen im Allgemeinen², zweitens aufgrund des geringen Selbstreflexionsgrades dieser Fächer³ und drittens speziell aufgrund des nicht immer eindeutig abgrenzbaren Gegenstandsbereiches der ZfP innerhalb dieses Wissenschaftssystems, worauf im Folgenden noch eingegangen wird.

Die Zerstörungsfreie Prüfung ist quasi die technologische Schwester der nicht invasiven medizinischen Diagnostik. Werden beim Menschen z. B. Hautkrankheiten

¹⁾ Spur, Fügen, S. 238 f.

²⁾ Vgl. dazu z. B. Banse u. a., Erkennen, S. 39–44, 188–194.

³⁾ Ropohl, Aufklärung, S. 230–235.

durch Sichtprüfung erkannt, gelingt dies den ZfP-Ingenieuren beispielsweise durch visuelle Inspektion der Oberflächen von Bauteilen verschiedenster Art und verschiedenster Werkstoffe. Durch Betrachten von Gegenständen bei bestimmtem Lichteinfall werden Eigenheiten an deren Oberfläche registriert (visuelle Inspektion). Durch Anschlagen vieler Stoffe (z. B. Keramik) entsteht ein akustisches Signal, das dem geübten Gehör Aufschluss über Qualität und innere Homogenität eines Objektes zu geben vermag. Besonders augenfällig wird die Bedeutung der Klangprobe für die ZfP bei Kirchenglocken. In diesem Fall avanciert diese sogar zum zentralen Abnahmekriterium.⁴ Im 19. Jahrhundert diskutierten Ingenieure und Handwerksmeister leidenschaftlich über die verschiedenen Legierungselemente im Glockenguss, die einen ganz besonders guten Klang hervorbrächten.⁵

Durch Einfüllen von Flüssigkeiten in Konstruktionen können auch kleine Fehler beim Zusammenbau nachgewiesen werden, wie z. B. bei der Dichtigkeitsprüfung in der frühneuzeitlichen Büchsenmacherei. Erst danach erfolgte ein erster Beschuss des Laufes.⁶

Die „zerstörungsfreie Materialprüfung“, heute meist als „Zerstörungsfreie Prüfung“ (ZfP) bezeichnet, befasst sich also mit der Untersuchung von Bauteilen und Konstruktionen auf Fehler.⁷ Sie hat, so eine gängige Definition, die Aufgabe, „in zu beanspruchenden Werkstücken ohne deren Zerstörung Inhomogenitäten oder Fehlstellen aufzufinden und die Prüfergebnisse so zu bewerten, dass eine Entscheidung über die Verwendbarkeit dieser Prüflinge herbeigeführt werden kann.“⁸ Deshalb erhielt sie auch die Bezeichnung „Defektoskopie“, also die Lehre von der Fehlerstellen-Sichtung. Auf die Unterscheidung zwischen Zerstörungsfreier Materialprüfung und Zerstörungsfreier Prüfung wird später noch eingegangen.

Mit den Fortschritten von Wissenschaft und Technik im Industriezeitalter des 19. Jahrhunderts kamen nach und nach neue Verfahren auf, etwa durch Sichtbarmachung magnetischer Feldlinien mit Eisenpartikeln an Metalloberflächen.

Mit der Nutzung von Röntgenstrahlen ab 1898 eroberte sich – analog zur Medizin – die Zerstörungsfreie Prüfung den Status einer Technikwissenschaft. Es wird jedoch noch zu zeigen sein, dass diese wissenschaftliche Anerkennung und die damit einhergehende Institutionalisierung als Teilgebiet der Materialforschung und -prüfung noch zäher Arbeit von Jahrzehnten bedurften. Flankiert von der

⁴) Hedwig besteht Klangtest, Märkische Oderzeitung, 1.3.2014: <http://www.moz.de/artikel-ansicht/dg/0/1/1252439> [Zugriff am 11.7.2017].

⁵) Girardin, Zusammensetzung, S. 200–202.

⁶) Mail von Büchsenmacher Herbert Urbas, Mitarbeiter im Jagdmuseum Ferlach/Kärnten, an den Autor vom 5.2.2017; die Wasser- und Druckprobe gehören aber strenggenommen heute nicht mehr zu den ZfP-Verfahren, da sie den Prüfkörper beeinträchtigen.

⁷) Genau dieser Terminus „zerstörungsfreie Materialprüfung“ in kleingeschriebener Form bei Erhard, Verfahren, S. 11; Noch auf derselben Buchseite verwendet Erhard ohne weitere Unterscheidung und Erklärung auch den Begriff „Zerstörungsfreie Prüfung“, der naturgemäß ein wesentlich größeres Gebiet umfasst.

⁸) Zit. nach Deutsch u. a., Verfahren, S. 8.

Nutzbarmachung weiterer physikalischer Phänomene sowie der Entwicklung entsprechender interpretativer Verfahren gelang es, verschiedene bildgebende Verfahren auszuarbeiten, die Einblicke in das Innere von Werkstoffen und Werkstücken gestatteten, ohne diese vorher zu zerstören. Mit Hilfe dieser sog. „Grobstrukturanalyse“ konnten Bauteile mit Unregelmäßigkeiten wie etwa inneren Rissen oder Lunkern erkannt, in ihrer Bedeutung für den Endzweck eingeschätzt, gegebenenfalls aussortiert oder repariert werden. Auf diese Art und Weise wurden Unfälle und andere Schäden verhindert.⁹ Erst mehr als ein Jahrzehnt nach den ersten industriellen Anwendungen der Grobstrukturanalyse gelang es der Physik 1912 mit Hilfe der Röntgeninterferenzmethode, den Kristallgitteraufbau verschiedener Stoffe zu analysieren und damit stärker in das kristalline und subkristalline Gefüge der Materie vorzudringen. Diese „Feinstrukturanalyse“ hatte zunächst überwiegend Erkenntniswert für Physik und Chemie. Erst später wurde sie technisch relevant, etwa aufgrund der Möglichkeit des Nachweises von Atomgitterfehlern.

Die Zahl der Zerstörungsfreien Prüfverfahren sowohl für die Grob- als auch Feinstrukturanalyse wuchs im Laufe des 20. Jahrhundert unaufhörlich. Man denke etwa an die „klassischen“ Techniken der Röntgenspektralanalyse, des Impuls-Echo-Verfahrens mit Ultraschall, an die verschiedenen elektromagnetischen und thermographischen Methoden oder an die neueren und neuesten Techniken der Elektronenmikroskopie, Computertomographie usw. Die wachsende Zahl an Prüfverfahren ging auch Hand in Hand mit einer zunehmenden Entgrenzung der ZfP. Diese versteht sich heute nicht mehr nur als Teildisziplin der Materialprüfung, was u. a. durch die zunehmende Verwendung des Begriffes Zerstörungsfreie Prüfung anstelle desjenigen der Zerstörungsfreien Materialprüfung deutlich wird. Die ZfP entwickelt sich immer mehr zu einer Technikwissenschaft für die Entwicklung, Auswahl und Lehre zerstörungsfreier Untersuchungsmethoden von anorganischen und organischen Objekten jeglicher Art mit Ausnahme des menschlichen Körpers.¹⁰ Die Bandbreite hierbei reicht von der produktionsbegleitenden Kontrolle über die Speckschwartenmessung von Mastvieh, die Bauwerksüberwachung, Echtheitskontrolle von Schmuck und Kunstwerken, die Forensik, Zoll- und Grenzkontrolle, militärische Aufklärung bis hin zur Fernerkundung von Planeten.¹¹ Obwohl diese disziplinäre Expansion der ZfP bereits seit Jahrzehnten in Gang ist, kam eine systematische Diskussion über die Abgrenzung und Verortung der Disziplin Zerstörungsfreie Prüfung im Wissenschaftssystem bislang nicht zustande.¹² Dieser Befund ist auf die von vielen Technikphilosophen konstatierte Schwäche bei

⁹⁾ Erhard, Verfahren, S. 11.

¹⁰⁾ Persönliche Gespräche des Autors mit Matthias Purschke und Anton Erhard, insbesondere jenes am 29. Mai 2018.

¹¹⁾ Erhard, Verfahren, S. 11; eine Abgrenzung des Gegenstandsbereiches der ZfP zu anderen wissenschaftlichen und gesellschaftlichen Teilbereichen erfolgte bislang nicht.

¹²⁾ Erhard, Verfahren, S. 13–15.

der Systematisierung und Selbstreflexion der Technikwissenschaften generell zurückzuführen.¹³

Innerhalb der ZfP wird häufig zwischen aktiven und passiven Prüfverfahren unterschieden. Bei aktiven Verfahren wird ein Signal durch das Bauteil gesendet und die von ihm dabei erzeugten Informationen hinsichtlich der verschiedenen Eigenschaften des Bauteils, z. B. dessen Werkstoff und dessen Verhalten oder auch dessen Geometrie, ausgewertet. Bei passiven Verfahren erzeugt das Bauteil das auszuwertende Signal selbst. Dieses Signal wird dann vor allem bezüglich des Entstehungsortes, aber auch seiner Eigenschaften ausgewertet, die Rückschlüsse auf das Stoffinnere erlauben.¹⁴ Letzteres Vorgehen wird etwa eingesetzt, um die Innenwirkung mechanischer Beanspruchung in Bauteilen während des Betriebes zu erfassen.¹⁵ So lautet etwa ein geflügeltes Wort in ZfP-Kreisen: „Man muss hören, wenn Risse schreien“.¹⁶

1933 waren ZfP-Methoden bereits so verbreitet, dass zur weiteren Auseinandersetzung mit ihr ein eigener technisch-wissenschaftlicher Verein ins Leben gerufen wurde. Technisch-wissenschaftliche Vereine dienten seit etwa der Mitte des 19. Jahrhunderts der Interessenvertretung der Techniker, mehr aber noch dem Wissensaustausch innerhalb der technikwissenschaftlichen Fächer. Wichtige Beispiele bilden der 1856 gegründete Verein Deutscher Ingenieure (VDI), der 1893 ins Leben gerufene Verband Deutscher Elektrotechniker (VDE) oder der 1896 eingerichtete Deutsche Verband für die Materialprüfungen der Technik (DVM). Im Prinzip wäre es nicht falsch gewesen, die ZfP-Fachleute in den DVM zu integrieren, handelte es sich doch letztlich um Vertreter einer – wenn auch neuartigen – Methode der Materialprüfung. Doch der DVM war damals stark auf die akademische Forschung und auf zerstörende Methoden hin ausgerichtet. Erst Ende der 1920er Jahre begann zögerlich die Akzeptanz der neuen Richtung und die Integration der vor allem aus den Reihen der Industrie hervorgegangenen ZfP als Teildisziplin. In dieser Situation beschlossen Spitzenvertreter der ZfP unabhängig vom DVM die Gründung eines eigenen, selbständigen Vereins.

Zur Geschichte der Deutschen Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung e. V., die 1933 als eine „Fördergemeinschaft“ gegründet wurde und 1937 in Gesellschaft zur Förderung Zerstörungsfreier Prüfverfahren, 1966 in Deutsche Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfverfahren e. V. und 1975 schließlich in Deutsche Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung (DGZfP) umfirmierte, existiert bis heute keine wissenschaftliche Monographie. Auch wenn der Verein vor und nach 1945 teilweise unterschiedliche Ziele verfolgte, so existieren doch starke Kontinuitätslinien. Die

¹³ Vgl. dazu allg. Ropohl, *Technologie*, S. 209–218; Banse, Beckmann, insbes. S. 34–46.

¹⁴ Vgl.: https://de.wikipedia.org/wiki/Zerst%C3%B6rungsfreie_Pr%C3%BCfung_im_Bauwesen [Zugriff am 25.5.2018].

¹⁵ Grosse u. a., *Testing*, S. 3–10, insbes. S. 2 f.

¹⁶ Mayer, *Prüfung*.

Jahreszahlen 1966 und 1975 hingegen markieren bloß eine Umbenennung. Um, dies zu verdeutlichen und um die Lesearbeit zu vereinfachen, wird der Verein nach 1945 durchgängig als DGZfP bezeichnet.



Bild 1.1 Gegenstandsbereich und Methoden der Zerstörungsfreien Prüfung (Quelle: DGZfP 2018)

Bei der Erforschung der Geschichte sowohl der ZfP als auch der DGZfP galt es, einerseits den Forschungsstand zu rezipieren, andererseits – aus Sicht der professionellen Wissenschafts- und Technikgeschichtsschreibung – neue Literatur, Quellen und Perspektiven zu erschließen. Die vorliegende Publikation setzte einen Schwerpunkt bei der Erschließung neuer Quellen sowie bei der Verknüpfung der erschlossenen Wissensbestände im Kontext von Politik und Gesellschaft.

Dadurch gerieten folgerichtig einige bislang weniger im Fokus stehende Personen, Institutionen und Diskurse in den Blick. Dies gilt vor allem für die Geschichte von Röntgentechnik, Ultraschall und anderen Verfahren in spezifisch wirtschafts- und technikwissenschaftlichen Zusammenhängen. Da die Biographien von Technikern, Unternehmern und Ingenieuren sich teilweise noch im Dunkel geschichtswissenschaftlicher Anonymität befinden und diese Schrift auch einen Beitrag zu deren

Erforschung leisten möchte, wurden deren Familiennamen auch dann genannt, wenn Vornamen und Lebensläufe aus Mangel an Wissen oder anderer Ressourcen nicht erhoben werden konnten.

Eng mit der Fördergemeinschaft verknüpft ist die bis Anfang der 1950er-Jahre bestehende (Reichs)Röntgenstelle (RR) beim Staatlichen Materialprüfungsamt Berlin. Die Reichsröntgenstelle wurde mit ihren wichtigsten Arbeiten in der 125-Jahr-Festschrift der Nachfolgeinstitution Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)¹⁷ sowie darüber hinaus in einem schmalen Bändchen kurz gewürdigt.¹⁸ Ebenfalls auf wenigen Seiten angesprochen wurde die Geschichte dieser Stelle in einer Darstellung zur Metallforschung in der NS-Zeit, die der Wissenschafts- und Technikhistoriker Helmut Maier vorlegte.¹⁹ Die vorliegende Arbeit orientiert sich vor allem an den langfristigen Entwicklungen der ZfP-Institutionen und unternimmt es, sowohl deren Erfolge als auch deren Probleme nachzuzeichnen.²⁰

Als wenig brauchbar für die Fragestellung dieses Buches erwiesen sich Darstellungen zur Geschichte der Röntgentechnik. Die klassische Arbeit über Röntgen ist eine solide wissenschaftshistorische Entdeckergeschichte mit, wenig überraschend, geringem Bezug zur Werkstofftechnik.²¹ Ein dickleibiger Sammelband zum Thema „Forschung mit Röntgenstrahlen“ widmet sich der medizinischen Röntgenographie, der Physik der Strahlen bzw. der Physikgeschichte der Feinstrukturforschung und nur in einem einzigen Aufsatz wird die Röntgenographie als ZfP-Technik angesprochen.²²

Ältere Arbeiten zur Geschichte der Werkstoffprüfung erwähnen die ZfP immerhin in einem eigenen Kapitel als Teilbereich der Materialwissenschaft und Werkstofftechnik²³, während andere, in jüngster Zeit erschienene, nicht einmal das leisten.²⁴

Eine jüngere und umfangreiche Arbeit widmet sich einer Kultur-, Sozial- und „Geschlechter“geschichte „der Röntgenstrahlen 1896–1963“. Doch trotz des umfassenden Titerversprechens und obwohl mehrfach eine „professionelle Ausdifferenzierung“ der mit der Röntgentechnik Befassten angesprochen wird, handelt es sich bei der Veröffentlichung um eine Geschichte der Röntgenstrahlen ausschließlich in medizinischem Kontext unter vollständigem Ausschluss ihrer Bedeutung für Technik und Naturwissenschaft.²⁵

¹⁷ Ruske u. a., 125 Jahre, S. 142–146.

¹⁸ Krüger u. a. Entwicklung, S. 27–44.

¹⁹ Maier, Forschung, S. 404–409.

²⁰ Die bereits publizierten Daten zur Geschichte der Reichsröntgenstelle und anderen ZfP-Institutionen werden in dieser Veröffentlichung nur kurz referiert.

²¹ Siehe allg. Glasser, Röntgen.

²² Siehe allg. Heuck u. a., Forschen.

²³ Siehe allg. Krankenhagen u. a., Werkstoffprüfung.

²⁴ Siehe allg. Hentschel u. a., Geschichte.

²⁵ Siehe allg. Dommann, Durchsicht und ebd., S. 26.

Bisher hielten sich die Geschichtswissenschaften von der Frage nach der Nutzung von Röntgenstrahlen und Ultraschallwellen²⁶ in der Maschinenbauwerkstatt fern. Auch andere physikalische Phänomene, die dort eingesetzt wurden, um Produkte besser und sicherer zu machen, blieben wenig beachtet.

Als wichtigste Informationsquelle zur Geschichte der Zerstörungsfreien Prüfung war die vorliegende Schrift daher auf die 1999 veröffentlichte, verdienstvolle und umfangreiche Chronik des Maschinenbau-Ingenieurs, Fachbuchautors und DGZfP-Ehrenmitglieds Hans-Ulrich Richter verwiesen. Man kann aus ihr jede Menge wissenschaftshistorischer Einzelereignisse herauspicken. Eine systematische Beschreibung von Wechselbeziehungen, Bedeutungszuordnungen und wirtschafts- und technikhistorische Kontextualisierungen kann eine Chronik jedoch nicht leisten.²⁷ Ähnliches gilt für die Veröffentlichung von Volker Deutsch zur Geschichte der ZfP-Gerätetechnik.²⁸

Während des Entstehungszeitraums dieses Buches erschien dann eine erste professionelle historische Darstellung der American Society of Non-Destructive Testing (ASNT). Es handelt sich dabei um die erste derartige Darstellung der ZfP in einem größeren wirtschafts- und technikhistorischen Kontext.²⁹

Darüber hinaus existieren zahlreiche Aufsätze zu verschiedenen Teilaspekten der ZfP-Geschichte z. B. in Form von Memoirenliteratur. Beispielhaft genannt seien hier die Texte von Otto Vaupel³⁰, von Gerhard Krüger und Helmut Weeber³¹ oder von Heinrich Heidt und Uwe Ewert.³² Bei der Erstellung der vorliegenden Arbeit boten auch die zahlreichen von der DGZfP herausgegebenen Schriften und Periodika, insbesondere das von Friederike Pohlmann redaktionell betreute Vereinsmagazin „ZfP-Zeitung“ und dessen Vorläufer „Berichte der Deutschen Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfverfahren“ wertvolle Hilfe. Die vorliegende Schrift konzentriert sich vor allem auf die beiden „klassischen“ ZfP-Methoden Röntgen- und Ultraschalltechnik. Es wäre durchaus lohnend, gelegentlich auch die anderen, heute teilweise sogar wichtigeren Verfahren wissenschafts- und technikhistorisch näher zu untersuchen.

Im Fokus der Veröffentlichung stand die Geschichte der DGZfP von 1933 bis heute. Doch nicht nur die Institutionengeschichte in Verbindung mit Biographien berühmter Persönlichkeiten galt es darzustellen, sondern – und zwar in integraler

²⁶⁾ Die Geschichte der Ultraschalltechnik weist einen im Vergleich zur Röntgentechnik sehr schlechten Forschungsstand auf. Es fehlt bis heute eine Monographie zur Entwicklung dieser Technik.

²⁷⁾ Siehe allg. Richter, Chronik.

²⁸⁾ Siehe Deutsch, Geschichte.

²⁹⁾ Siehe allg. Jones, Vision.

³⁰⁾ Vgl. allg. 50 Jahre DGZfP. Die Festschrift ist fast deckungsgleich mit den anderen Aufsätzen zum Thema aus der Feder Vaupels.

³¹⁾ Vgl. allg. Krüger, Entwicklung.

³²⁾ Vgl. allg. Heidt u. a., Röntgengrobstrukturuntersuchungen, S. 590–608.

Art und Weise – auch deren gesellschaftlichen Kontext. Zu diesem Zweck mussten die Vorgeschichte und Vorläufer der DGZfP ebenso ausführlich untersucht werden wie ihre industriellen und technikwissenschaftlichen Wurzeln und – wenn auch in bescheidenerem Rahmen – deren Position gegenüber den Disziplinen Physik, Chemie und Metallforschung. Da bei der DGZfP keine für eine Monographie ausreichende Sammlung historischer Dokumente vorlag, mussten zahlreiche externe, bislang wenig bekannte gedruckte und archivalische Quellen und Gegenüberlieferungen zum Aufbau eines neuen Forschungsstandes herangezogen werden. Dabei wurde auch eine kleine Sammlung historischer Dokumente sowie eine EDV-Datenbank zusammengestellt.³³ Eine Kernfrage dieser Monographie widmete sich der Stellung der (DG)ZfP in der deutschen Industrie und Produktionstechnik in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts, wofür u. a. ein sehr aussagekräftiger Quellenfund im Krupp-Archiv erstmals ausgewertet werden konnte.

Analysiert wurde auch die Position von Verein und wissenschaftlicher Disziplin gegenüber den verschiedenen politischen Regimes und der von diesen verfolgten jeweiligen Wissenschafts- und Forschungspolitik im Kaiserreich, in der Weimarer Republik, der NS-Zeit sowie manchen politischen Strömungen im Nachkriegs- und Wende-Deutschland.

Der Text sollte sowohl geschichts- als auch technikwissenschaftlichen Ansprüchen genügen, gut lesbar und für Nichtfachleute verständlich sein. Die Methodik der Verdichtung der verschiedenen Quellen zu möglichst problemorientierten Schwerpunktkapiteln gelang bis etwa in die Phase der 1980er-Jahre hinein. Danach wurde das Durchhalten dieser Methodik zunehmend schwieriger. Denn nicht nur die Zahl der in der ZfP Tätigen und die Vielfalt ihrer Tätigkeitsfelder vermehrten sich nach 1945 massiv, sondern auch die Komplexität der ZfP-Techniken stieg signifikant an. Eine der Zeit vor 1945 adäquate Darstellung der fachhistorischen Aspekte hätte den Rahmen dieser Monographie gesprengt. Daher konzentriert sich dieses Buch in der zweiten Jahrhunderthälfte stärker auf die eigentliche Institutionengeschichte der DGZfP.

Wie bei jeder anderen Organisation auch stieg in den Reihen des Kooperationspartners DGZfP die Empfindlichkeit gegenüber der historischen Darstellung mit der Nähe zur Gegenwart. Noch nachwirkende vereinsinterne Problemzonen und Personalien zeigten, dass die Zeit ab den Jahren der Wende 1989/1990 noch nicht als historisch abgeschlossen betrachtet werden konnte. Dem entsprach das Fehlen historischer Literatur zu dieser jüngsten Zeit. Hinzu kam eine ab dieser Epochen-schwelle massiv anschwellende Flut von Quellen aller Art, welche die Selektions- und Interpretationsmöglichkeiten des Autors an eine Grenze brachten. Es liegt in

³³⁾ Zur Sammlung historischer Dokumente der ZfP und der dazugehörigen EDV-Datenbank vgl.: Günther Luxbacher u. a.: Datenbank und Archiv zur Geschichte der Zerstörungsfreien Materialprüfung. Arbeitsbericht und Dokumentation. Stand 07. April 2017 [mit einem Nachtrag bis März 2017], Manuskript DGZfP-Sammlung AAA 1; Vgl. dazu auch Luxbacher, Projektgruppe, S. 28 f.; Luxbacher: Archiv, S. 19 f.

der Natur der Sache, dass Entwicklungen, die erst vor kurzem einsetzen, heute meistens noch nicht abschließend zu gewichten und zu bewerten sind. Zudem reicht die staatliche archivalische Sperrfrist von dreißig Jahren ebenfalls bis etwa zur Wendezeit. Eine zunehmend unregelmäßige Aktenüberlieferung gerade technischer Institutionen der letzten Jahrzehnte, die möglicherweise auch aus der Umstellung auf digitale Datenträger resultiert, tat ein Übriges. Angesichts all der genannten Schwierigkeiten einigten sich das Wissenschaftliche Evaluierungskomitee und der Autor darauf, die Zeit ab der Wende 1989/90 mit Hilfe einer vereinfachten methodischen Vorgehensweise zu bearbeiten. Die bis dahin dominierenden kritisch hinterfragenden zeittypischen Schwerpunktsetzungen wichen mehr der am Stil der Chronik orientierten Abfolge wichtiger Ereignisse, deren Verdichtung, Bewertung, Sortierung und teilweise auch Kontextualisierung späteren Darstellungen überlassen bleiben muss.

Die vorliegende Schrift entstand als Auftragsforschung im Rahmen eines Kooperationsforschungsprojektes zwischen der DGZfP und dem Fachgebiet Technikgeschichte am Institut für Philosophie, Literatur-, Wissenschafts- und Technikgeschichte der Technischen Universität (TU) Berlin. Aus diesen Institutionen und dem Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte stammten auch die Mitglieder des den Autor begleitenden Wissenschaftlichen Beirats: Dr. Anton Erhard, Prof. Dr. Dieter Hoffmann, Univ. Prof. Dr. Wolfgang König und Dr. Matthias Purschke.

Zahlreiche wertvolle Hinweise verdankt der beruflich nicht mit der ZfP vertraute Autor als Wissenschafts- und Technikhistoriker den vielen Sachverständigen dieses Wissenschaftszweigs, die ihn verständnisvoll unterstützten.

Besonders wertvolle Hinweise zu dem nicht immer nur rein wissenschaftlich gefassten Gesamtsystem der ZfP in Deutschland lieferten die inzwischen leider Verstorbenen Dieter Linke, Eckhart Rühle, Gerhard Krüger und Jörg Völker, ein besonderer Dank geht an Franziska Ahrens, Volker Deutsch, Heinrich Heidt, Wilfried Hueck, Sven Rühle, Winfried Morgner und Horst-Dieter Tietz. Der besondere Dank des Autors gilt den Wissenschaftlichen Hilfskräften Yaroslav Koshelev, Tim Spiegel und Josefine Wunderlich.

Vorgeschichte der Zerstörungsfreien Prüfung bis 1895

Die zunehmende Nutzung von Metallen, insbesondere von Eisen und Stahl, eröffnete Architekten und Ingenieuren neue Dimensionen bei der physischen Belastbarkeit ihrer Konstruktionen. Eine der ersten öffentlichkeitswirksamen Aktivitäten zur Propagierung des neuen Baustoffes war die 1779 fertiggestellte Iron Bridge über den englischen Fluss Severn. Sie besteht aus einer Kombination von gusseisernen Bögen und Steinsäulen als tragende Elemente.

Mit dem Bau von Werkzeugmaschinen, Eisenbahnen und Dampfmaschinen stellte der Werkstoff Stahl in legierter oder nicht legierter Form weitere seiner Vorzüge unter Beweis. Doch die Techniker stießen auch auf Ablehnung der von ihnen aus den neuen Metallwerkstoffen hergestellten Produkte. Spröde Schienen und belastete Achsen brachen, Lager liefen heiß, Nietlöcher korrodierten, Kessel explodierten. Häufig blieb im Unklaren, ob konstruktive Mängel, Werkstoffversagen, unsachgemäße Bedienung, Kombinationen daraus oder andere Faktoren für Betriebsausfälle oder Betriebsunfälle – mit manchmal vielen Toten – verantwortlich zu machen waren. Die heutigen Eisen- und Stahleigenschaften wurden im 19. Jahrhundert aufgrund mangelnder Erfahrungen und Kenntnisse (z. B. Eisen-Kohlenstoff-Diagramm) sowie unzureichender Mess- und Bearbeitungsmöglichkeiten noch nicht in ihrer ganzen Bandbreite überblickt, gezüchtet und eingesetzt. Dass Materialwissenschaft und Werkstofftechnik innerhalb der Technikwissenschaften ein besonders komplexes Feld darstellten, kann man u. a. daran ablesen, dass die Normung von Werkstoffen zu den schwierigsten Fachgebieten des 1917 gegründeten technisch-wissenschaftlichen Vereins Deutscher Normenausschuss (DNA, heute: DIN) zählte. Erst im Laufe der 1920er-Jahre begann man zögerlich damit, die Vielzahl an Stoffen und Legierungen zu vereinheitlichen.¹

Eisenbahnunfälle blieben derweil so häufig, dass in einer britischen Tageszeitung Mitte des 19. Jahrhunderts eine eigene Glosse mit dem Titel „Railway Accident of the Week“ erschien.²

¹) Luxbacher, DIN, S. 120–128.

²) Vgl. Lotsberg, Design, S. 1.

In den 1840er-Jahren begannen die systematisch-statistisch orientierten Arbeiten des prominenten deutschen Materialprüfers und Eisenbahnfachmannes August Wöhler. Ihn interessierte vor allem die Qualität und Lebensdauer des Eisenbahnmaterials und wie stark es im Dauerversuch beansprucht wurde.³ Damals wurden Materialprüfungen bei den Bahnen bereits standardmäßig durchgeführt. Ein britischer Eisenbahnspektor schrieb anlässlich der Begutachtung eines Unfalls bei London 1842: „Es ist gebräuchlich geworden, die Achsen der Locomotiven und Eisenbahnwagen mehr oder weniger streng zu probiren und jene zu verwerfen, welche sich als schlecht erweisen.“ Die nächste Überlegung galt dann bereits der Frage des kristallinen Zusammenhaltes metallischer Werkstoffe und deren Feingefüge, wie das weitergeführte Zitat belegt: „... man glaubt aber auch, daß ursprünglich gute Achsen mit der Zeit verderben, und zwar nicht allein durch Abnützung, sondern auch wegen der Eigenthümlichkeit des Metalls, daß es gradationsweise die fibröse Textur weichgeschmiedeten Eisens verliert, um sich zu krystallisiren und zerbrechlich wie Guß zu werden.“⁴

Bald setzten sich, neben den Vorsichtsmaßnahmen in den Eisen- und Stahlwerken, auch bei allen Eisenbahnunternehmen Zerstörungsfreie Prüfverfahren durch. Am bekanntesten war lange Zeit der Einsatz des akustischen Prüfhammers, mit dem speziell geschultes Personal Räder und Achsen mittels Klangprobe abhörte. Ein geschultes Ohr erkennt dabei typische Resonanzfrequenzen und Oberwellen (akustische Resonanzanalyse).⁵ Auch heute noch spielt der Klanghammer eine wichtige Rolle bei der Kontrolle der Achsen von Güterwaggons, aber auch von Brückenkonstruktionen.⁶ Für Berlin, Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern sind heute permanent 15 Prüfmitarbeiter unterwegs. Einen von ihnen besuchte 2014 die Tageszeitung „Die Welt“, die berichtete: „... mit einem Hammer schlägt er auf die Konstruktion neben ihm ein. Es ist der Klang, auf den er dabei genau zu achten hat. Klingt der Hammerschlag dumpf, dann läuten bei ihm innerlich die Alarmglocken. Es besteht die Gefahr, dass die genietete Verbindung sich gelöst hat und die Stahlteile nicht mehr hält. Fatal für eine Brücke, über die im Minutenabstand Züge mit Hunderten Fahrgästen rollen.“ Die Zeitung berichtete weiterhin, dass jede zehnte Berliner Eisenbahnbrücke so marode ist, dass sich eine Sanierung nicht mehr lohnt.⁷

Die akustische Methode wurde ständig weiterentwickelt. Beispielsweise gab Ende des 19. Jahrhunderts ein französischer Ingenieur bekannt, dass es ihm gelungen sei, mit Hilfe einer „Perkussionsvorrichtung“ einem Werkstück Schallwellen zu

³) Blaum, Wöhler, S. 35–55.

⁴) Pasley's über Achsenbrücke, S. 415–42.

⁵) Schnapp, Prüfung, S. 145–160.

⁶) Sebastian Höhn: Wagenmeister Bernd Smuda: Der Mann mit dem Hammer, in: Berliner Zeitung online, 25.11.2014: <http://www.berliner-zeitung.de/berlin/wagenmeister-bernd-smuda-der-mann-mit-dem-hammer-184340> [Zugriff am 31.1.2017].

⁷) Thomas Fülling: Jede zehnte Bahnbrücke marode, in: Die Welt online, 1.10.2014: https://www.welt.de/print/welt_kompakt/berlin/article132795780/Jede-zehnte-Bahnbruecke-marode.html [Zugriff am 31.1.2017].

entlocken, die er mit Hilfe einer Kombination von Mikrophon und Telephon abhören konnte. Mit Hilfe dieses „Schiseophons“ sei es ihm gelungen, Materialfehler in Wellen, Schienen und Geschützrohren in bis zu 18 Zentimeter Tiefenlage zu detektieren.⁸ Neben solchen besonderen Erfindungen begann bei den Eisenbahnen und in Eisengießereien im letzten Drittel des 19. Jahrhunderts die sog. „oil-and-whiting“-Methode (Eindringprüfung, Ölkochprobe) zum zerstörungsfreien Prüfstandard zu werden. Der Prüfling wurde in Öl getaucht, getrocknet und danach mit feingemahlener Kreide bestäubt, die teils mit freiem Auge, teils unter dem Vergrößerungsglas erkennbare oberflächennahe Fehlerstellen anzeigte. Man nutzt dadurch das Prinzip aus, dass Fehlerstellen eine geringere Oberflächenspannung aufweisen als nicht fehlerhafte Stellen. Gelegentlich nutzte man dabei Chemikalien, die das Eindringmittel besser sichtbar machten.⁹ Im 20. Jahrhundert unterstützte man die visuelle Erkennbarkeit durch auf das Eindringmittel hin abgestimmte Lichtquellen wie z. B. ultraviolettes Licht.¹⁰

Eine hochentwickelte Methode, Klangwellen zu detektieren, boten die sog. Chladnischen Figuren¹¹, die etwa bei der Prüfung von gusseisernen Geschützen eingesetzt wurden. Diese waren kostengünstiger als die bis Mitte des 19. Jahrhunderts verwendeten bronzenen Geschütze, zersprangen jedoch häufiger. In einer Abhandlung wurde 1845 berichtet: „Das häufige Zerspringen der eisernen Geschütze ist bekanntlich ein Gegenstand, der schon zu vielfachen Erörterungen, Beobachtungen und Versuchen Veranlassung gegeben hat. Man ist bemüht gewesen, diesem Uebelstande sowohl durch eine veränderte Construction, als auch durch Vervollkommnung des Productionsverfahrens etc. vorzubeugen, ohne jedoch seinen Zweck genügend zu erreichen.“ Daher überlegte man ein Früherkennungssystem einzuführen. Man wusste, dass dem Riss eine allmähliche Desintegration des kristallinen Gefüges voranging: „Allein diese Veränderung geht so unmerklich vor sich, daß sie in vielen Fällen, vielleicht in den meisten, dem Auge, selbst dem bewaffneten, nicht erkennbar seyn wird, zumal wenn sie, wie wohl in den meisten Fällen, von innen heraus erfolgt.“ Daher wurde empfohlen, auf den Klang beim Abfeuern als auch auf die damit verbundenen Vibrationen zu achten. Um diesen Vorgang zu objektivieren, wurde auf eine am Beginn des Rohrverlaufs angebrachte Metallplatte in einem gläsernen witterungsgeschützten Gehäuse feiner Sand aufgestreut. Beim Abfeuern verteilte sich der Sand zu einer bestimmten Resonanzfigur. Diese verglich man mit der Sandverteilung bei den bisher schadhaft gewordenen Geschützen, um rechtzeitig gewarnt zu sein.¹²

⁸) Richter, Chronik, S. 73.

⁹) Schnapp, Prüfung, 145–160; vgl. auch Richter, Chronik, S. 85.

¹⁰) Vgl. allg. Betz, Principles; Pierre Chemin and Patrick Dubosc, Penetrant Testing History; <http://www.ressuage-magnetoscopie-penetranttesting-magnetictesting-dpc.info/site/en/news/pt-texts/179-historique-du-ressuage> [Zugriff am 14.7.2017].

¹¹) Benannt nach dem deutschen Physiker Ernst Florens Friedrich Chladni.

¹²) Malinowsky, Gedanken, S. 42–50.

Neben Lichtstrahlen, Schallwellen und Sandmustern bot die Messung des Magnetismus gewisse Möglichkeiten. 1868 gelang es dem britischen Lieutenant in the Royal Navy of England, Stephen Martin Saxby, seine Kenntnisse des Erdmagnetismus technisch nutzbar zu machen. Saxby unterrichtete Dampfmaschinen-Ingenieure am Institute of Naval Architects. In einem Vortrag vor dem Institut bedauerte er, dass man bislang nur über ein „destructive system“ verfüge, um eiserne Objekte zu prüfen. Dabei habe er gezeigt, dass Magnetismus nicht nur an der Oberfläche eiserner Objekte wirksam sei, sondern auch in ihnen. Er habe daran anschließend eine praktische Prüfmethode ausgearbeitet „without damage to them or defacement [Entwertung, G.L.]“. Er stellte dazu eigene Versuche an. Das Militär führte ihn auf eigenen Wunsch zu mehreren Kanonen, von denen bekannt war, dass sie über innere Defekte verfügten. Mit Hilfe von Magnet, Eisenpulver und einem Kompass, also mit einer Streuflussanalyse, konnte er die darin verborgenen Fehlerstellen relativ exakt angeben. Selbstbewusst sprach er davon, dass seine Arbeiten eine „source of great national economy“ und „a safeguard“ für die Kannoniere seien. Er forderte, bessere und größere Magnete zu bauen und diese in Gießereien einzusetzen, um sogleich Fehlgüsse und Lunker bei Achsen, Eisenbahnrädern, Gewehrläufen usw. feststellen zu können. Er verlangte danach, im Arsenal in Woolwich Einzelteile vor der Montage prüfen zu dürfen. So könne er verhindern, dass fehlerhafte Vorprodukte weiterbearbeitet würden, die sich letztlich als unbrauchbar oder sogar gefährlich entpuppten. Auf der anderen Seite wollte Saxby auch gleich eine wissenschaftliche Erklärung für die von ihm festgestellten Phänomene liefern. So wurde Saxby zu einem der ersten Ingenieure, der sich systematisch und mit praktischer Orientierung der Erforschung des Zusammenhangs zwischen Magnetismus, Elektrizität und Eisen widmete.¹³ Bemerkenswerterweise geschah das just in jenen Jahren, in denen Werner Siemens den remanenten Magnetismus bei seinen Arbeiten an der Dynamomaschine entdeckte.¹⁴

1876 erhielt A. Hering ein US-Patent für die Detektierung von Unregelmäßigkeiten in Eisenbahnschienen, die ebenfalls mit einer Kompassnadel arbeitete. Doch erst mit dem Einsatz magnetischer Partikel in Verbindung mit magnetelektrischen Methoden wurde die Magnetpulvermethode im ersten Drittel des 20. Jahrhunderts zu einem industriell brauchbaren Verfahren weiterentwickelt.¹⁵

Auch wenn die Zerstörungsfreie Prüfung half, manche Schäden rechtzeitig zu detektieren, nahm die Zahl der Eisenbahnunfälle aufgrund der starken Expansion der Eisenbahntechnik insgesamt weiter zu. 1891 stürzte nach Befahrung durch einen vollbeladenen Zug die von Gustave Eiffel erbaute Eisenbahnbrücke über die Birs im Schweizer Münchenstein nahe Basel ein. Es gab 75 Tote und 130 Verletzte.

¹³) Saxby, *Testing*, S. 297–299; vgl. Deutsch, *Geschichte*, S. 16.

¹⁴) Trendelenburg, *Geschichte*, S. 11 f.

¹⁵) Flaherty, *History*, S. 1010 f.

Die Ursachenforschung ergab die Verwendung von Eisen minderer Qualität und eine nachteilige Häufung von Nietlöchern.¹⁶

Auch bei Dampfkesseln waren schreckliche Unglücke an der Tagesordnung. Die Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI) veröffentlichte jährlich eine Liste der wichtigsten Dampfkesselexplosionen im Deutschen Reich, die mehrere kleingedruckte Seiten füllte. Darin waren noch nicht einmal die Unfälle im militärischen Bereich und bei der Eisenbahn enthalten, sondern nur jene, die in landwirtschaftlichen und Fabrikbetrieben stattfanden. Bei vielen Unfällen gab es mehrere Schwer- und Leichtverletzte, gelegentlich sogar Tote. Als häufigere Ursachen wurde zu geringer Wasserstand angegeben, aber auch Korrosion, überaltete und minderwertige Baumaterialien wie etwa Bleche oder auch schlechte Ausführung der Fügstellen sowie unentdeckte Materialfehler.¹⁷

Die zunehmende Zahl an Dampfkesselunfällen forderte bereits vor der Eisenbahnära Unternehmer und staatliche Organe zum Handeln heraus. Waren die Besitzer der von ihnen genutzten Technik an deren reibungslosem Funktionieren sowie an deren Erhalt interessiert, begannen auch Staatspolitik und Staatsverwaltung mehr Sicherheit für die in deren Fabriken Beschäftigten einzufordern. 1831 erschienen mit der Preußischen Instruktion vom 13. Oktober zahlreiche Einzelvorschriften über Berechnung und Bau von Dampfkesseln. Darauf setzten in den folgenden Jahrzehnten zahlreiche Dampfkesselgesetze auf. Da Technikbesitzer und Techniker dieselben Interessen verfolgten, nämlich einen unfallfreien Betrieb, wurden diese in die staatlich beaufsichtigte industrielle Selbstregulierung¹⁸ von Dampfkesselüberwachungsvereinen integriert. Gleichzeitig machten jedoch die Technikwissenschaften und insbesondere die Werkstattpraxis derartige Fortschritte, dass der Betrieb eines Dampfkessels in den 1870er-Jahren im Vergleich zu 1831 eine relativ gefahrlose Angelegenheit war.¹⁹ Dies wurde erreicht, obwohl die Technikwissenschaften eingestehen mussten, dass eine genaue Berechnung der Werkstoff- und Bauteilbelastung aufgrund vieler noch nicht messbarer Einflussgrößen ohnehin nicht machbar war.²⁰ Die polizeilichen Bestimmungen von 1871 enthielten daher gar keine Berechnungsvorschriften mehr und nur noch einige wenige Bau- und Werkstoffvorschriften. Immer mehr wurde die sachgemäße Ausführung und Montage der Kesselanlagen den Herstellern auferlegt. Erst in den ersten Jahren des 20. Jahrhunderts gab es Fortschritte beim systematischen Aufdröseln der verschiedenen Faktoren des Zusammenhangs zwischen Konstruktion und Werkstoff.²¹ Dies führte dazu, dass in Gesetzeswerke wieder zunehmend Material- und

¹⁶ Richter, Chronik, S. 72.

¹⁷ Dampfkesselexplosionen, S. 1544–1548.

¹⁸ Heise u. a., Vereinsforschung, hier S. 22, sprechen von einem „Modell regulierter Selbstregulierung“.

¹⁹ Sonneberg, Jahre, S. 265 f.

²⁰ Vgl. allg. die Problemstellung bei Lundgreen, Forschung; ähnlich bei Luxbacher, Werkstoffe, S. 120–134.

²¹ Man vergleiche etwa die Arbeiten eines Carl von Bach, siehe Luxbacher, Werkstoffe, S. 38 f.

Bauvorschriften erschienen²², obwohl deren Sinn nach wie vor infrage gestellt wurde.²³ Das dabei verfolgte Prinzip bestand häufig darin, dass der Staat die Einhaltung bestimmter Sicherheitsbestimmungen forderte und die Industrie aufgrund ihrer Erfahrungen sich dann Methoden überlegen musste, diese einzuhalten. Liefer- und Abnahmebedingungen wurden damit zu einer fundamentalen Größe bei der Definition von Produktqualitäten, aber auch zu einem ständigen Streitpunkt.

²²⁾ Sonnenberg, Jahre, S. 265 f.

²³⁾ Lundgreen, Forschung, insbes. S. 230.

Die Anfänge der modernen Zerstörungsfreien Prüfung: Industrielle Röntgentechnik

3.1 Röntgens Entdeckung

Der Direktor des Physikalischen Instituts an der Julius-Maximilian-Universität Würzburg, Wilhelm Conrad Röntgen, forschte seit Jahren über die Natur der Kathodenstrahlen, wie sie u. a. von den Physikern Heinrich Hertz und Philipp Lenard in luftleeren Glasröhren analysiert worden waren. Dabei kooperierte er nicht nur mit seinesgleichen, sondern auch mit Glastechnikern und Mechanikern, um mit bestimmten Bauteilen für physikalische Anordnungen arbeiten zu können. Die später entscheidende Versuchsanordnung baute er sicherheitshalber aber selbst auf. Auch die bahnbrechenden Versuche unternahm er alleine, nachdem er nachgewiesen hatte, dass eine in schwarzes Papier gehüllte Hittorf-Crookesche Röhre Strahlung durchließ. Weitere Versuche zeigten, dass diese Strahlen auch Holz – wie Röntgen später sagte – „mit Leichtigkeit“ durchdrangen. Als er seine Hand in den Strahlengang hielt, konnte er auf einem reflektierenden Schirm deren Knochen und den sich darüber wölbenden Ring betrachten. Einem Laborbesucher demonstrierte er später, wie er Metallgewichte in einem verschlossenen Holzkästchen sichtbar machen konnte.¹

Am 28. Dezember 1895 reichte er dem Sekretär der Physikalisch-Medizinischen Gesellschaft an der Universität Würzburg das Manuskript einer Arbeit mit dem Titel „Über eine neue Art von Strahlen“ ein, die rasch gedruckt wurde. Später folgten weitere Veröffentlichungen aus seiner Feder. In der ersten Mitteilung testete er u. a. auch die Durchlässigkeit verschiedener Materialien. Erst eine 15 mm starke Aluminiumschicht „schwächte die Wirkung recht beträchtlich“ und eine Bleischicht von 1,5 mm Stärke „ist so gut wie undurchlässig“. Daraus schloss er, dass die Durchlässigkeit von Materialien von deren Dichte bzw. deren Dicke ab-

¹⁾ Glasser, Röntgen, S. 4–14.