

Vorwort

Der äußere Anlass, ein Buch über August Wöhler herauszubringen, ist sein hundertster Todestag im Jahr 2014. Für den DVM besitzt Wöhler eine große Bedeutung, wie das auch die jährliche Verleihung der August-Wöhler-Medaille zeigt. Er war eine bedeutende und anerkannte Persönlichkeit, für die die sichere Auslegung von Bauteilen im Mittelpunkt seines Wirkens stand.

Im DVM hat es in letzter Zeit intensive Diskussionen zur Beschreibung des Profils des Verbandes gegeben, bei dem der Begriff Strukturintegrität eine zentrale Rolle spielt. Für die Bauteilentwicklung besitzen die Werkstoffforschung und -prüfung eine wesentliche Bedeutung, aber um ein sicheres Bauteil entwickeln zu können, sind weitere Aspekte einzubeziehen. Genannt seien Konstruktion, Werkstoffwahl, Herstellverfahren, Fügetechnik und Qualitätssicherung. Wesentlich für eine sichere Auslegung sind das Werkstoff- und Bauteilverhalten unter realistischen Umgebungsbedingungen. Das bedeutet die Berücksichtigung einer realistischen betriebsnahen Beanspruchung sowie gegebenenfalls der Temperatur und korrosiver Einflüsse. Hinzu kommen Fragen der Überwachung von Bauteilen im Betrieb mittels zerstörungsfreier Prüfung und Monitoring des Betriebsverhaltens. Wie eine Gesamtchau auf die Tätigkeiten August Wöhlers zeigt, kann man durchaus sagen, dass er bereits einen Großteil dieser Aspekte aufgegriffen hat und zwar für den gesamten Eisenbahnbetrieb, also Fahrzeuge, Schienen und Bauwerke.

Bekannt geworden ist Wöhler allerdings vor allem durch seine Schwingversuche über einen Zeitabschnitt von ca. 12 Jahren. Er gilt als der Erste, der die Schwingfestigkeit methodisch untersucht und grundlegende Zusammenhänge aufgezeigt hat.

Die vorliegende Arbeit befasst sich zunächst mit der Zeit, in der Wöhler gewirkt hat, Kap. 1. Die Mitte des 19. Jahrhunderts in Europa und den USA kann als industrielle Revolution verstanden werden. Das Eisenbahnwesen war damals die am weitesten fortgeschrittene Technologie. Ermüdungsbrüche mit katastrophalen Folgen traten unerwartet und in großer Zahl auf. Zudem hatten sich die Natur- und Technikwissenschaften so weit entwickelt, dass die Voraussetzung gegeben war, Grundlagen zu schaffen, die über den bisherigen Wissensstand, der sich auf statische Beanspruchung beschränkte, hinausgehen.

August Wöhler gilt international als Begründer der Ermüdungsforschung. In Kap. 2 wird auf seine Biographie näher eingegangen. Seine fünf Veröffentlichungen zur Schwingfestigkeit zwischen 1858 und 1870 werden vorgestellt und diskutiert. Aufgeführt werden weitere wissenschaftliche Veröffentlichungen von ihm sowie die Denkschrift zur Klassifizierung der Werkstoffe aus dem Jahr 1883. Weiterhin wird ein Überblick gegeben über die von ihm entwickelten Schwingprüfmaschinen und deren Weiterentwicklung.

Über Bauteilermüdung und entsprechende Aktivitäten in der Zeit vor Wöhler wird in Kap. 3 berichtet. Der Hauptanteil des vorliegenden Buches besteht aus der Sammlung von Texten zu Wöhler, wobei es als sinnvoll erschien, diese zu unterteilen in Texte zu Wöhlers Lebzeiten, Kap. 4, und Texte zu Wöhler ab 1914, Kap. 5. Die wesentlichen Inhalte dieser Veröffentlichungen werden aufgezeigt oder zitiert und teilweise auch ausführlich diskutiert. Bis 1914 beziehen sich diese Texte im Allgemeinen direkt auf die Versuche Wöhlers. Nach seinem Tod entwickelte sich die Ermüdungsforschung in großer Breite, so dass über ihn und seine Arbeiten vorwiegend aus einem historischen Abstand geschrieben wurde. Beispielhaft genannt seien die beiden ersten Bücher über Werkstoffermüdung von dem Engländer H. J. Gough, 1924, und von den Amerikanern H. F. Moore und J. B. Kammers, 1927. Eine Vollständigkeit der Texte konnte nicht angestrebt werden.

Eine Zusammenstellung der Leistungen A. Wöhlers bringt Kap. 6. Wie wohl alle großen Persönlichkeiten auf dem Gebiet der Wissenschaften, ist auch Wöhler auf Kritik gestoßen - auf Kritik im Detail bis hin zur Ablehnung. Ca. 150 Jahre nach seinen Veröffentlichungen ist es mehr als selbstverständlich, dass sich Erkenntnisse ergeben haben, die er nicht voraussehen konnte. Seine Erkenntnisse, sein Durchsetzungsvermögen und seine Konsequenz können aber aus heutiger Sicht nicht anders als herausragend bewertet werden.

Schließlich wird in Kap. 7 noch ein Licht auf die Geschichte der Ermüdungsforschung geworfen, das sich ergibt, wenn man sich längere Zeit mit älteren Arbeiten befasst. Die Geschichte der Technik und erst recht der Technikwissenschaften erfreuen sich keiner all zu großen Beliebtheit. Man könnte aber auch fragen, ob jemand bei seiner wissenschaftlichen und praktischen Arbeit wissen kann, was er eigentlich macht, wenn dies ohne die Kenntnis der Geschichte geschieht.

Im Anhang I sind die 5 Veröffentlichungen von Wöhler zur Schwingfestigkeit als Faksimile wiedergegeben. Anhang II enthält die Veröffentlichungen über Wöhlers Versuche in "Engineering" aus den Jahren 1867 und 1871. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Lektüre dieser beiden Veröffentlichungen die Basis für viele englischsprachige Autoren war, die zu Wöhler Stellung genommen haben. Weiterhin ist die Veröffentlichung "The historical development of research on the fatigue of materials and structures" von dem Australier J. Y. Mann aus dem Jahr 1958 beigelegt, die ein Bild hundert Jahre nach Wöhlers erster Veröffentlichung zeichnet.

Nicht unerwähnt bleiben sollen Erfahrungen, die bei der Zusammenstellung des Buches gemacht wurden. Liest man ältere Veröffentlichungen, so bereitet das Neue im allgemeinen keine Schwierigkeiten, aber oft ist nicht deutlich feststellbar, wie der Wissensstand zu dieser Zeit war, weil darauf auch nicht eingegangen wird. Für Wöhler und seine Zeitgenossen war die Elastizitätstheorie die Grundlage der

Berechnung, und für die Festlegung der ertragbaren Beanspruchungen war es die Elastizitätsgrenze, auch im Hinblick auf die Schwingfestigkeit. Ein Kennwert also, der heute nicht mehr existiert. Auch ergeben sich sprachliche Schwierigkeiten. Dass die damaligen Achsen heute als Radsatzwellen bezeichnet werden, wird schnell klar. Wenn Wöhler aber schreibt *bei der Mehrzahl der Fälle ging der Einbruch von einer Kante aus*, so würden wir heute wohl "Einbruch" als "makroskopischen Anriss" bezeichnen. Das heißt, ein einmaliges Lesen dieser Arbeiten kann zu Missverständnissen führen.

Das vorliegende Buch verdankt seine Entstehung Gesprächen und Schriftwechseln mit Herrn Dr. William Fischer über Jahrzehnte. Es ist ihm gewidmet, da er als Koautor nicht mehr tätig sein konnte. In den Dank eingeschlossen ist auch seine Familie.

Eine kritische und kompetente fachliche Durchsicht der Arbeit hat Herr Dr. Karsten Hinkelmann vorgenommen. Dies führte in zahlreichen Diskussionen zu Verbesserungen, Streichungen und Erweiterungen. Als mathematischer Quereinsteiger sieht er die Eigenheiten der Betriebsfestigkeit aus einer größeren Distanz, was zu konstruktiven Vorschlägen führt.

Die Geschäftsführerin des DVM, Frau Katrin Leers, und alle Mitarbeiter der Geschäftsstelle haben das Zustandekommen des Buches jederzeit unterstützt. Besonders zu nennen ist Frau Susanne Bachofer-Schwarzkopf, die alle Fäden in der Hand hielt auch als sich der Umfang der Arbeiten immer mehr ausdehnte. Sie war zuständig für die organisatorischen Arbeiten, für die oft schwierige Beschaffung der Literatur und für Übersetzungen. Herr Jan Kallweit war zuständig für den Umbruch und die Herstellung hochwertiger Kopien von Originaltexten, was oft schwierig war. Das Korrekturlesen erfolgte u.a durch Marta Koterba und Anja Hartwig (Marketing Berlin).

Die Beschreibung der Schwingprüfmaschinen seit Wöhler, Kap. 2.5, stammt von Dr. Joachim Hug. Ihm sei hierfür gedankt.

Die Bearbeitung des Buches hat zu zahlreichen Kontakten geführt, die zu wichtigen Informationen führten und viele Sachverhalte klären konnten. Besonderer Dank gebührt beispielhaft

Herrn J. Frost, Heimatbund Soltau e.V., und Herrn H. Krause, ehemaliger Rektor der Realschule Soltau

Frau M. Alpert vom Staatsarchiv Bremen, die die Identität von R. Blaum aufdeckte, was durch Suchmaschinen im Internet nicht möglich war

Herrn Dr. W.-D. Ostermann, Aschersleben, der den unbekanntem Nachruf von L. Troske beisteuerte

Herrn Prof. Dr. E. Roos, MPA Universität Stuttgart, für die umfangreiche Literatur zu C. v. Bach und O. Graf

Herrn Prof. Dr. P. D. Portella, BAM Berlin, für die historische Darstellung des Königlichen Materialprüfungsamtes 1904

dem Institut für Maschinelle Anlagentechnik und Betriebsfestigkeit, TU Clausthal, inkl. einiger ehemaliger Mitarbeiter für zahlreiche Zuarbeiten.

Kritik oder Vorschläge für Ergänzungen sind willkommen. Nicht zuletzt für eine 2. Auflage in fünf Jahren zum 200. Geburtstag Wöhlers.

Prof. Dr.-Ing. Harald Zenner
TU Clausthal, Clausthal-Zellerfeld
Dezember 2014



Preface

The occasion to publish a book about August Wöhler is the 100th return of his obit in 2014. Woehler is of great importance for DVM German Association for Materials Research and Testing as shows the annual award of the August-Woehler-Medal of DVM. He was an important and respected figure and the reliable design of components was a main part of his work.

Within the last years in DVM intensive discussions have been lead in order to emphasize the profile of the association. A leading role plays the term structural integrity. For the construction of components is materials research and testing of fundamental significance. But to construct safe components even more aspects have to be included. Construction, selection of materials, manufacturing processes, joining technology and quality assurance should be mentioned. Essential for reliable dimensioning are material- and component behaviors under realistic environmental conditions. This means that realistic service loads as well as temperature and - if so - corrosive influences have to be taken into account. Inspection of components under operation by means of non-destructive testing and monitoring of in-service behaviour are also questions. When regarding the activities of August Woehler comprehensively one can definitely say that he has already then taken up a large part of these issues and indeed for the entire railway operation, vehicles, rails and structures.

Woehler became well known especially by his fatigue tests carried out over a period of about 12 years. He is considered to be the first who has examined fatigue strength methodically and has identified fundamental correlations.

The present work describes first in Chapter 1 the time in which Woehler worked. The middle of the 19th century may be understood as an industrial revolution in Europe and the United States. Railroads has then been the most advanced technology. Fatigue failures with disastrous consequences occurred unexpectedly and in large numbers. Furthermore natural sciences and technology had already been developed so far that the conditions were given to create a basis going beyond the present state of knowledge which was limited to static loads.

August Woehler is internationally regarded as the founder of fatigue research. Chapter 2 gives a closer look at his biography. His five publications on fatigue strength published between 1858 and 1870 are presented and discussed. Some more of his research papers are listed as well as the exposé on the classification of materials of 1883. Moreover an overview is given of the fatigue testing machines he had developed and the later development of these. Chapter 3 reports about the fatigue of components and related activities in the period before Woehler.

The main part of this book consists of the collection of texts on Woehler and it appeared to be useful to present them in two parts: during Woehler's lifetime (Chapter 4) and texts on Woehler after 1914 (Chapter 5). The main contents of these publications are given as facsimile or are quoted and sometimes discussed in detail. Up to 1914 the texts refer in general directly to the experiments of Woehler. After his passing fatigue research developed widely so it was written about him and his work mainly with historical distance. For example the first two books on material fatigue should be mentioned written by the English H. J. Gough (1924) and by the Americans H. F. Moore and J. B. Kommers (1927). A complete report of all the texts could not be accomplished.

A summary of the efforts of A. Woehler provides Chapter 6. Just as probably all of the major personalities in the field of science Woehler had also encountered quite some criticism - up to rejection in details. About 150 years after his publications results of scientific knowledge have of course shown that he could not anticipate everything. His knowledge, his assertiveness and consequence should nonetheless be estimated as outstanding also from today's point of view.

At present a complete reproduction of this work in English language was unfortunately not possible. This is regretted as Woehler's work was much better known in England and the US rather than in Germany. Leading in the development of railway systems fatigue damage of railway axles, wheels, rails and bridges had been much more numerous in England and the United States than on the European continent. And thus finding the reasons for failures of components was much more pressing. Especially in England there were numerous scientific publications in 1867 on A. Woehler's test results and "laws" as well as to the fatigue testing machines he had developed. Great attention had also won the work of J. Bauschinger who had tested by highly sensitive mirror extensometers the change in the elastic limit under cyclic loading (Bauschinger effect). For the stress amplitudes which Woehler had identified – and which can quite often be sustained without failure – an explanation by Bauschinger's elastic-plastic deformation measuring had been expected.

As indicated above does this work contain many **texts in English language** as there are the quotations in the discussion of texts of English and American authors (Chapter 4 and 5; references in this section are given as copy or in italics) and the "Engineering" publications as well as the publication by J.Y. Man (Appendix II). An indication of the full scope may give the translation of the survey as follows:

Preface	iii
Contents	xv
1 Industrial revolution and technology in the 19th century	1
2 August Woehler as founder of fatigue strength	7
2.1 Details on Woehler's biography	8
2.2 Woehler's five publications on fatigue	15
2.3 Woehler's further scientific publications	41
2.4 A memorandum on the classification of materials and a correspondence O. Mohr - A. Woehler - O. Mohr	43
2.5 Notes on the development of fatigue testing machines	51
3 Component fatigue in the period before Woehler	57
4 Publications on Woehler during his lifetime (partly in English)	71
5 Publications on Woehler from 1914 onwards (partly in English)	143
6 An appreciation of Woehler's activities	219
7 A critical review of the history of fatigue research	235
Bibliography	253
Appendix I:	265
Woehler's five publications from 1858 to 1870 as copies	
Appendix II:	347
Woehler's experiments on the strength of materials	
Woehler's experiments on the "fatigue" of metals	
Mann, J.Y: The historical development of research on the fatigue of materials and structures	

Prof. Dr.-Ing. Harald Zenner
TU Clausthal, Clausthal-Zellerfeld, Germany
December 2014



Ein Aquarell von William Fischer



Widmung

Der vorliegende Band aus der DVM-Sonderheftreihe

Bauteilermüdung, August Wöhler (1819–1914), Ein historischer Rückblick ist

Herrn Dr.-Ing. William Fischer

gewidmet als Dank für eine jahrzehntelange Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Betriebsfestigkeitsforschung, die weit über eine rein fachliche Diskussion hinausging und sich auch mit Fragen der Technik, ihrer Bedeutung, ihrem Wirken, ihrem Verständnis und eben auch mit ihrer Geschichte befasste. Wir hatten vorgesehen, den Rückblick auf A. Wöhler gemeinsam zu verfassen. Auf Grund seiner Erkrankung sind es aber vor allem Gespräche geblieben, lange Gespräche, meist am Telefon. Ein ganz wesentlicher Anteil, der in der vorliegenden Arbeit angeführten Argumente und Sichtweisen geht auf ihn zurück. Ich möchte Herrn William Fischer meinen persönlichen Dank für einen langen und lebendigen Gedankenaustausch aussprechen, der stark von seiner Begeisterungsfähigkeit geprägt war. Mehr als ein Hobby war ihm das Malen.

Prof. Dr.-Ing. Harald Zenner
TU Clausthal
Dezember 2014

Seine Stationen

William Fischer ist am 1.1.1935 in Hamburg geboren. Seine Schulausbildung erhielt er in Hamburg, wo er auch eine Fachausbildung als Maschinenschlosser bei der Howaldtwerke AG absolvierte. An der TH Hannover studierte er Allgemeinen Maschinenbau mit einer Weiterführung in Arbeits- und Betriebssoziologie bei Prof. Bahrtdt.

Berufliche Tätigkeiten:

1965-1970: Mobil Oil AG. Zunächst in Wedel, Abteilung Forschung, Entwicklungen, Anwendung, dann in Plainsboro, N. J., USA, Research, Technical Services, Development Div. und Hamburg, Leitung der Abteilung für Maschinenfabriken, Technische Beratung und Empfehlung.

1971-1978: wissenschaftlicher Mitarbeiter, wissenschaftlicher Assistent und Oberingenieur am Institut für Hüttenmaschinen und Maschinelle Anlagentechnik, TU Clausthal, Clausthal-Zellerfeld, bei Prof. Dr.-Ing. F.-W. Griese. Hier Tätigkeiten in Forschung, Lehre, industrieller Zusammenarbeit und Mitarbeit in Fachausschüssen von Vereinigungen und Verbänden. Das Thema seiner Promotion (1980) lautet: „Experimentelle und theoretische Systemanalyse als Grundlage für lebensdauerorientierte Bauteildimensionierungen.“

1978-1993: Thyssen AG, Henschel, Forschungszentrum Kassel (TFZ), Abteilungsleiter Konstruktion, Berechnung und Schwingfestigkeitsuntersuchungen. Lehrtätigkeit an der Gesamthochschule Kassel. Bis 2012 freiberuflich beratender Ingenieur.

Mitgliedschaften

Forschungsgemeinschaft Antriebstechnik, FVA, Frankfurt am Main, Obmann des Arbeitskreises "Betriebsfestigkeit" bzw. "Lastkollektive"

Verein Deutscher Eisenhüttenleute, VDEh, Düsseldorf, Verein zur Förderung der Forschung in der Anwendung von Betriebsfestigkeits-Kenntnissen in der Eisenhüttenindustrie, VBFEh

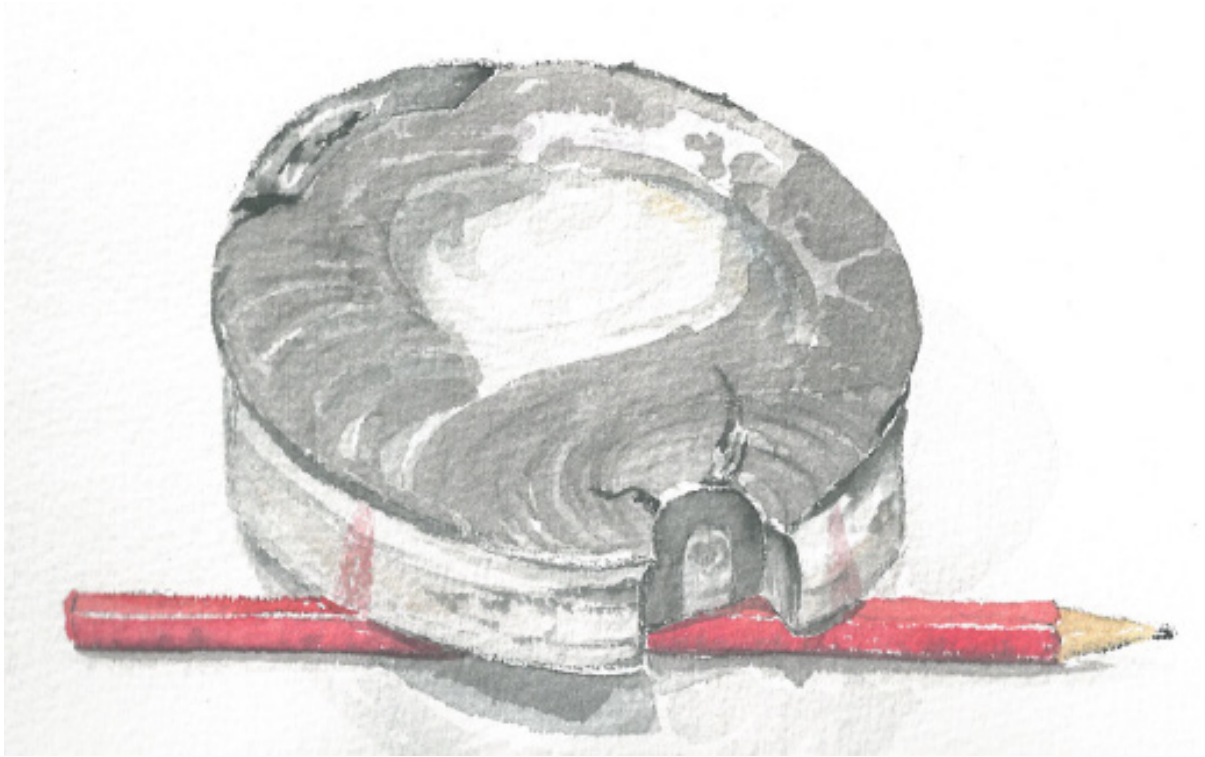
Verein Deutscher Ingenieure, VDI, Leiter der Arbeitskreise "Technikgeschichte" und "Fahrzeug- und Verkehrstechnik" im Bezirksverein Nordhessen

Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e.V., Frankfurt am Main

Deutscher Verband für Materialforschung und -prüfung e.V., Berlin

Gründungsmitglied des Vereins "Technik-Museum Kassel".

Am 17.04.2014 ist William Fischer in Kassel gestorben.



Ein Aquarell von William Fischer „Ermüdungsbruch“

Inhalt

1 Industrielle Revolution und Technik im 19. Jahrhundert	1
2 August Wöhler als Begründer der Ermüdungsforschung	7
2.1 Hinweise zur Biographie Wöhlers.....	8
2.2 Wöhlers fünf Veröffentlichungen zur Schwingfestigkeit.....	15
2.3 Weitere wissenschaftliche Veröffentlichungen Wöhlers	41
2.4 Eine Denkschrift zur Klassifizierung der Werkstoffe und ein Schriftwechsel O. Mohr – A. Wöhler – O. Mohr.....	43
2.5 Anmerkungen zur Entwicklung von Schwingprüfmaschinen	51
3 Bauteilermüdung in der Zeit vor Wöhler	57
4 Veröffentlichungen über Wöhler zu seinen Lebzeiten	71
1867 Engineering: Wöhler's experiments on the strength of metals	72
1871 Engineering: Wohler's Experiments on the "Fatigue" of Metals.	76
1874 Gerber, H.: Bestimmung der zulässigen Spannungen in Eisenkonstruktionen.	78
1874/75 Spangenberg, L.: Ueber das Verhalten der Metalle bei wiederholten Anstrengungen	81
1881 Bach, C.: Die Maschinenelemente - Ihre Berechnung und Construction.....	92
1881 Mohr, O.: Über die Verwerthung der Wöhler'schen Versuche für die Dimensionirung der Eisenconstructions, insbesondere der eisernen Brücken.....	94
1886 Bauschinger, J.: Über die Veränderung der Elastizitätsgrenze und der Festigkeit des Eisens und Stahls durch Strecken und Quetschen, durch Erwärmen und Abkühlen und durch oftmals wiederholte Beanspruchung	100
1890 Pearson, K.: On Wöhler's experiments on alternating stress.....	111
1894 Autenheimer, F.: Schwächung des Arbeitsvermögens der Materialien durch Spannungswechsel	114
1898 Martens, A.: Handbuch der Materialkunde für den Maschinenbau	118
1899 Unwin, W. C.: The Testing of Materials of Construction	120
1900 Gilchrist, J.: On Wöhler's laws	123
1904 Tetmajer, L. v.: Die angewandte Elastizitäts- und Festigkeitslehre.....	127

1910	Basquin, O. H.: The Exponential Law of Endurance.....	130
1910	Smith, J. H.: Some Experiments on Fatigue of Metals.....	135
1912	Baumann, R.: Das Materialprüfungswesen und die Erweiterung der Kenntnisse auf dem Gebiet der Elastizität und Festigkeit während der letzten vier Jahrzehnte in Deutschland	138
1913	Ludwik, P.: Ursprungsfestigkeit und statische Festigkeit, eine Studie über Ermüdungserscheinungen.....	141
5 Veröffentlichungen über Wöhler ab 1914.....		143
1914	Todesanzeige Stahl und Eisen	143
1914	Todesanzeige VDI	144
1914	Blaum, R.: August Wöhler.....	146
1918	Blaum, R.: August Wöhler, Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie (Biographie).....	146
1914	Troske, L.: A. Wöhler † (Biographie).....	154
1924	H. J. Gough: The fatigue of metals	158
1925	Matschoss, C.: Männer der Technik:	160
1927	Moore, H. F., J. B. Kommers: The fatigue of metals	161
1928	Melchior, P.: Dauerbruch	162
1929	Föppl, O., Becker, E., Heydekampf, G. v., Die Dauerprüfung der Werkstoffe - hinsichtlich ihrer Schwingungsfestigkeit und Dämpfungsfähigkeit	165
1929	Graf, O.: Die Dauerfestigkeit der Werkstoffe und der Konstruktionselemente	166
1930	Ljungberg, K.: Konstante Brucharbeit als Erklärung für den Bruch durch Ermüdungs- und andere Belastungen, Erste Mitteilungen des Neuen Internationalen Verbandes für Materialprüfungen,.....	168
1934	Herold, W.: Die Wechselfestigkeit metallischer Werkstoffe.....	169
1940	Siebel, E. (Hrg): Handbuch der Werkstoffprüfung.....	170
1944	Thum, A.: Die Entwicklung der Lehre der Gestaltfestigkeit.....	171
1946	Johnstone, W. W.: Methods of investigating the fatigue properties of materials	172
1947	Moore, H. F.: Metallography, fatigue of metals and conventional stress analysis	173

1953	Timoshenko, S. P.: History of strength of materials - With a brief account of the history of theory of elasticity and theory of structures	175
1955	Stüssi, F.: Die Theorie der Dauerfestigkeit und die Versuche von August Wöhler Mitteilungen der T.K.V.S.B. - Nr. 13,	183
1958	Kennedy, A. J.: Fatigue since Wöhler- A century of research.....	185
1958	Mann, J. Y.: The historical development of research on fatigue of materials and structures.....	187
1959	Hartmann, E. C., Howell, F. M.: Laboratory fatigue testing of materials	189
1960	Gaßner, E.: Zur Aussage von Ein- und Mehrstufen-Schwingversuchen.....	190
1960	Kühnel, R.: Die Entwicklung der Materialprüfung bei den deutschen Eisenbahnen (1860-1927).....	192
1969	Braune, F.-G.: Zum 150. Geburtstag von August Wöhler	194
1969	Hertel, H.: Ermüdungsfestigkeit von Konstruktionen.....	196
1969	Ruske, W.: August Wöhler (1819-1914) zur 150. Wiederkehr seines Geburtstages	197
1977	Schivelbusch, W.: Die Geschichte der Eisenbahnreise - Zur Industrialisierung von Raum und Zeit im 19. Jahrhundert.....	201
1983	Krankenhagen, G., Laube, H.: Werkstoffprüfung - Von Explosionen, Brüchen und Prüfungen	204
1986	Sigwart, H.: Aus der Geschichte der Werkstoffkunde und Festigkeitslehre.....	205
1987	Kahlow, A.: August WÖHLER und die Entwicklung der Festigkeits- und Materialforschung im 19. Jahrhundert	207
1989	Hanewinckel, D., Zenner, H. (Hrsg): Schwingfestigkeit - Eine Faksimile-Sammlung historischer Arbeiten bis 1950	211
1993	Schütz W.: Zur Geschichte der Schwingfestigkeit / A History of Fatigue.....	212
2003	Knothe, K.: August Wöhler (1818-1914) - Dauerfestigkeit und Langzeitverhalten - gestern und heute	216
2004	Kurrer, K.-E.: Wenn Eisenbahnräder müde werden.....	217
2009	Schijve, J.: Fatigue of structures and materials	218

6 Eine Würdigung der Leistungen Wöhlers	219
7 Kritik zur Geschichte der Ermüdungsforschung.....	235
Literaturverzeichnis	253
Anhang I / Appendix I.....	265
Wöhlers fünf Veröffentlichungen von 1858 bis 1870 als Faksimiles Woehler's five publications from 1858 to 1870 as copies	
Anhang II / Appendix II.....	347
Wöhler's experiments on the strength of metals	
Wöhler's experiments on the "Fatigue" of metals	
Mann, J. Y.: The historical development of research on the fatigue of materials and structures	

Hinweis: Zitate werden als Kopie oder in kursiver Schrift gebracht.