

Zeitschrift: Ferrum : Nachrichten aus der Eisenbibliothek, Stiftung der Georg Fischer AG

Herausgeber: Eisenbibliothek

Band: 93 (2024)

Artikel: Qualitätsmanagement in Wissenschaft und Industrie am Beispiel der Eisenhüttenkunde in Deutschland : von den Anfängen bis zur Einführung der zerstörungsfreien Analyseverfahren

Autor: Rasch, Manfred / Lychatz, Bernd

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1061979>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 30.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Qualitätsmanagement in Wissenschaft und Industrie am Beispiel der Eisenhüttenkunde in Deutschland

Von den Anfängen bis zur Einführung
der zerstörungsfreien Analyseverfahren

Manfred Rasch, Bernd Lychatz

Der Handel mit Produkten war Anlass zur Qualitätsprüfung, zuerst auf das Produkt selbst beschränkt, dann ausgeweitet auf den jeweiligen Herstellungsprozess. Dieses Qualitätsmanagement, das in der Ur- und Frühgeschichte beginnt, war für Eisen und dann Stahl zunächst auf die fünf menschlichen Sinne beschränkt. Dieser Beitrag zeigt, wie die Industrielle Revolution neue Anwendungsfelder für Eisen und Stahl mit neuen technischen Risiken brachte und so die Institutionalisierung der Qualitätskontrolle auf den Weg brachte. Mit dem Einsatz von zerstörungsfreien Analyseverfahren fanden zu Beginn des 20. Jahrhunderts neue Methoden der Qualitätssicherung in der Stahlindustrie Anwendung.

Unter Qualitätsmanagement versteht man in der Wirtschaft heute die Planung, Steuerung und Überwachung der Qualität eines Prozesses bzw. Prozessergebnisses. Es umfasst Qualitätsplanung, -lenkung, -prüfung, -verbesserung und -sicherung.¹ Der Begriff Qualitätsmanagement tritt im deutschen Sprachraum für die Stahlindustrie Anfang des 20. Jahrhunderts auf und scheint aus dem US-Amerikanischen übernommen zu sein.² In Deutschland sprach man vorher allge-

mein von Materialforschung, heute eher eingeschränkt von Werkstoffprüfung.³

Die Herstellung von Eisen und Stahl war lange Zeit eine empirische Tätigkeit, da die analytischen Werkzeuge zum Verständnis dieser Stoffwissenschaft zunächst fehlten. Mit der Zunahme von Unfällen im Produktions- und Anwendungsprozess nahm das Bedürfnis nach Ursachenforschung und Qualitätssicherung zu. Dabei ist die Qualitätskontrolle an sich älter als das Zeitalter der Eisenzeit, sie beginnt mit der Entwicklung von Werkzeugen etc. durch den Menschen und war von Anfang an durch die fünf menschlichen Sinne bestimmt. Im Fall des Eisens seien als Auswahl folgende Beispiele genannt:

- *Visuelle Qualitätskontrolle:* Funkenflug beim Abstich am Hochofen als Indikator der Temperatur; «Temperatursehen» beim Schmieden; Anlassfarbe des Stahls⁴
- *Auditive Qualitätskontrolle:* Klangtest bei Glocken
- *Gustatorische Qualitätskontrolle:* Geschmack von Raseneisenerz⁵
- *Olfaktorische Qualitätskontrolle:* Geruch von Schwefelverbindungen, beispielsweise im Hochofenprozess oder in Kokereien
- *Haptische Qualitätskontrolle:* Schneideschärfe, Erzkonsistenz

Diese historische Darstellung endet mit dem Aufkommen der zerstörungsfreien Analyseverfahren an der Wende zum 20. Jahrhundert, da dann der bisher sichtbare Bereich verlassen wird.

Frühe Eisenzeit

Mit dem Aufkommen des (Fern-)Handels gewann die Qualitätsbestimmung allgemein an Bedeutung, da sich die Handelspartner nicht unbedingt kannten und vertrauten und den Tauschwert festlegen mussten. Ein Beispiel aus der keltischen Epoche sind die im 8. bis 4. Jahrhundert v. Chr. gehandelten Spitzbarren, deren Enden bipyramidal zuliefen. Dies liess eine Überprüfung des Barrens hinsichtlich seiner Weiterverarbeitbarkeit zu, indem vor Abschluss des Geschäfts ein Barrenende im Schmiedefeuer erhitzt und ausgeschmiedet wurde, um Rückschlüsse auf die Reinheit und Duktilität des Materials zu gewinnen. Die Spitzbarren wurden durch andere Barrenformen abgelöst. Diese waren flach ausgezogen und besaßen umbördelte Ränder, sodass eine Qualitätskontrolle ohne erneutes Erhitzen möglich war.⁶

Mit dem Aufkommen des Handels
gewann die Qualitätsbestimmung an
Bedeutung, da sich die Handelspartner
nicht kannten und vertrauten und den
Tauschwert festlegen mussten.

Für die frühe Eisenzeit gibt es hauptsächlich archäologische Quellen (Materialfunde, Rennöfen etc.) sowie einige bildliche Darstellungen, zum Beispiel in ägyptischen Gräbern oder auf attischen Vasen zu Herstellungsprozessen und Einsatz von Metallen, jedoch keine Hinweise auf die damals angewandten Qualitätskontrollen.⁷ Mit der griechisch-römischen Zeit wurden diese Quellen erstmals durch literarische Zeugnisse ergänzt. So findet sich bei Homer (vermutlich zweite Hälfte 8. bis erste Hälfte 7. Jh. v. Chr.) der Hinweis auf eine geschmiedete Eisenluppe als Kampfpfeil. Sie sollte zur Herstellung von landwirtschaftlichem Gerät dienen.⁸ Den Prozess des Erhitzens und Abschreckens von Eisen beschreibt Homer ebenfalls.⁹ Mit Gaius Plinius Secundus, i. e. der Ältere (23/24 bis 79 n. Chr.), und seiner «Naturalis Historia» ist erstmals Fachliteratur im enzyklopädischen Sinne überliefert. Von der einzigartigen Qualität des norischen Eisens der Kelten berichteten bereits andere antike Geschichtsschreiber. Die Produktion umfasste im Abbaugbiet Burgberg in Schwarzenbach (NÖ), einem zentralen Ort der Kelten, geschätzte 35 000 bis 60 000 Tonnen Eisenerz, aus dem etwa 4800 bis 8500 Tonnen Eisen erzeugt wurde; bei einer Nutzungsdauer von 150 Jahren entsprach das einer jährlichen Produktion von 30 bis 60 Tonnen. Die Eisenerzeugung ging mit ei-

nem enormen Verbrauch von Holzkohle einher. In 150 Jahren holzten die Kelten dort 2200 bis 4000 Hektar Wald ab. Zurück blieb ein kahlgeschlagenes und mit Pingen durchsetztes Gebiet, von dem römische Geschichtsschreiber als «Deserta Boiorum» sprachen.¹⁰ Den Begriff *ferrum noricum* überlieferte übrigens erstmals Ovid (43 v. Chr. bis 17 n. Chr.) in seinen «Metamorphosen».¹¹

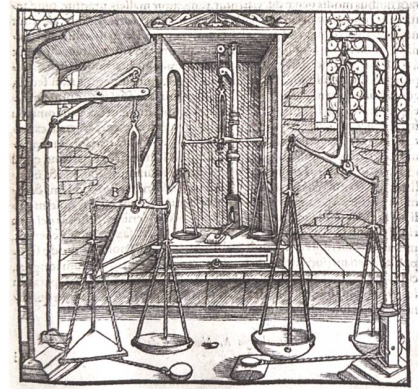
Die Ursachen für die jeweilige Eisenqualität waren damals nicht bekannt, da die einzelnen Schritte der Herstellung nicht adäquat untersucht werden konnten. Plinius Secundus, Staatsbeamter, Historiker und Fachschriftsteller, der circa 20 000 Exzerpte angefertigt haben soll, führte die unterschiedlichen Eisenqualitäten der römischen Provinzen (Spanien, Gallien, Britannien, Noricum sowie in Italien selbst) unter anderem auf die Wasserqualität zurück.¹² (Die unterschiedliche Wasserqualität kann man zum Teil schmecken.) Ursächlich für die besondere Qualität des Messerstahls (Schnittfähigkeit, Schneidfähigkeit und Schärfbarkeit) war der bis in neuere Zeit unverstandene Mangangehalt des Erzes bei gleichzeitiger Phosphorarmut. Die Technik der Kohlenstoffanreicherung zur Stahlhärtung hingegen war damals schon bekannt, wie archäologische Funde belegen; aber dennoch scheint sie in vielen Regionen des Imperium Romanum nur in begrenztem Umfang angewandt worden zu sein. Ein grosser Teil der Eisenproduktion, insbesondere des Noricums, wurde für die Fertigung von Waffen des römischen Heeres genutzt. Der Schienenpanzer eines Legionärs wog 8 bis 14 Kilogramm, das Kettenhemd circa 10 Kilogramm. Somit benötigte eine römische Legion von 3000 bis 6000 Soldaten allein für die Panzerung der Kämpfer um die 30 bis 60 Tonnen Eisen. Weiteres Eisen war für Waffen, Schuhnägel etc. nötig. Quantitativ wenig, aber hochwertiges Eisen wurde zu medizinischen Instrumenten für die Truppenärzte verarbeitet. Welche Verfahren damals zur Qualitätssicherung angewandt wurden, ist nicht überliefert. Sie waren aber sicherlich durchaus bemerkenswert, man denke nur an das Archimedische Prinzip für die Qualitätskontrolle bei edlen Metallen, mit dem Archimedes (287 bis 212 v. Chr.) nachwies, dass die Krone von König Hieron II. von Syrakus (306 bis 215 v. Chr.) nicht aus reinem Gold gefertigt war, obwohl das Gewicht von Ausgangsmaterial und Krone übereinstimmte.

Vom Mittelalter bis zur Frühen Neuzeit: Erfahrungsgesteuerte Qualitätskontrolle

Bis ins Mittelalter hing die Qualität eines Eisenprodukts von der Lagerstätte des Erzes sowie vom handwerklichen Geschick des Schmiedes ab. Deshalb gibt es in den mittelalterlichen Sagen Hinweise auf besondere Schwerter und vor allem auf ihre Hersteller: Ein halbgöttliches Wesen der germanischen Heldensage, das in der Tradition der griechisch-römischen Götter Hephaistos beziehungsweise



1 Eine im 16. Jahrhundert gebräuchliche Prozesskontrolle an einem Probierofen.



2 Die nicht nur in Probierstuben üblichen Waagen zum Abwiegen von Erzen, Metallen und Zuschlägen entsprachen dem Stand der Zeit.

Vulcanus stand, war Wieland der Schmied mit dem Schwert Mimung. Die Qualität seines Produkts bewies Wieland in einer Auseinandersetzung mit einem Konkurrenten durch die archaische Methode, indem sein Schwert die Rüstung des anderen Schmiedes zerteilte. Die Sage nennt gleichzeitig den nicht unwichtigen Herstellungsprozess: Die Schwertklinge schmiedete Wieland dreimal neu, nach jeder Fertigstellung tauchte er sie in das Wasser eines Baches und liess von der Strömung ein immer grösseres Büschel Wollfasern dagegen treiben, um dessen Schärfe zu dokumentieren. Das war eine «unblutige Qualitätsbeurteilung». Ob es bei der Herstellung zu einer Aufnitrierung durch Gänsekot kam, ist zweifelhaft.¹³ Bei der Fertigung kam es auf jeden Fall auf den Schmied an. Der in der Sage beschriebene Vorgang des Aufkohlens und Abschreckens erfordert noch heute vom Schmied viel Erfahrung. Ist das Werkstück stark aufgekohlt und/oder erkaltet beim Abschrecken zu rasch, wird es spröde und zerspringt bei Belastung. Soll beispielsweise eine qualitätvolle Schwertklinge mit guter Schneidwirkung, aber weichem, elastischen Kern erzeugt werden, wird das glühende Werkstück ganz kurz in kaltes Wasser gehalten und so nur die äussere Schicht abgeschreckt. Der Stahl im Kern der Klinge erkaltet langsam und bleibt weich und elastisch, eine Technik, die schon in der Antike bekannt war.¹⁴

Die Phase der erfahrungsgesteuerten Qualitätskontrolle reichte in der Eisen- und Stahlverarbeitung bis um 1800/1850, da die chemischen Kenntnisse fehlten, um den subjektiven Faktor der Beurteilung auszuschalten. Dennoch nahm die Anzahl der schriftlichen Quellen zur Eisen- und Stahlerzeugung zu. Hier sind zu erwähnen für das Mittelalter Albertus Magnus (um 1200–1280) sowie für die Renaissance Vannoccio Biringuccio (1480–1537)

und Georgius Agricola (1494–1555). Der Bischof Albertus Magnus, theologisch-philosophischer Schriftsteller und Universalgelehrter, behandelte nicht nur Glaubensfragen, sondern betonte auch die Notwendigkeit der Beobachtung, des Experiments, um zu sicheren Erkenntnissen zu gelangen.¹⁵ In den von ihm verfassten oder ihm zugeschriebenen Werken zur Alchemie wird auch etliches zur Metallgewinnung beschrieben.¹⁶ «De mineralibus et rebus metallicis libri V», entstanden um 1254–1257, ist die einzige bekannte mineralogisch-geologische Spezialschrift des Mittelalters. Mit Erfindung des Buchdrucks wurde das Werk unter anderem 1518 gedruckt und von Agricola rezipiert. Zwar differenzierte Magnus schon zwischen Eisen und Stahl, aber seine Erklärungen unterschieden sich noch nicht von denen von Plinius, wenn er die hellere Farbe des Stahls damit erklärte, dass dieser weniger erdige Anteile als das Eisen enthalte, und seine Brüchigkeit wurde mit seiner inneren Trockenheit erklärt.¹⁷ Weitere wichtige Bücher mit deutlich mehr Informationen zum Eisenhüttenwesen entstanden erst zwei Jahrhunderte nach Albertus Magnus; sie wurden erst nach dem Tod des jeweiligen Autors veröffentlicht, was nicht mit einer verbotenen Offenbarung von Geheimwissen zu tun hatte. Da der Buchdruck mittlerweile erfunden war, sollten beide Werke eine grosse Verbreitung erlangen.

Vannoccio Biringuccio war ein vielseitiger italienischer Ingenieur, Architekt, Büchsenmacher und Alchimist. 1534/35 verfasste er sein systematisches und auf eigene Erfahrungen beruhendes zehnbändiges Werk «De la Pirotechnia», welches 1540 post mortem erschien. Es war das erste Buch seit der Antike, das sich nicht nur mit der Kriegstechnik beschäftigte. Sein Werk behandelte die gesamte Breite der damals bekannten Metallurgie und sollte

für zwei Jahrhunderte ein Standardwerk bleiben. Bei ihm findet sich der erste ausführliche Bericht über Flammöfen und über die Farbänderung beim Härten von Stahl. Das Interesse der Zeit galt vornehmlich den edlen Metallen; Eisen spielte eine untergeordnete Rolle, sofern es sich nicht um gusseiserne oder geschmiedete Kanonenkugeln für Kriegszwecke handelte, die wohl erstmals in diesem Buch vorgestellt wurden.¹⁸ Biringuccio beschrieb auch die Schmelzverfahren, den Bau und Betrieb von Flammöfen sowie die Herstellung von Tiegeln zum Schmelzen der unterschiedlichen Metalle für Gusszwecke.¹⁹

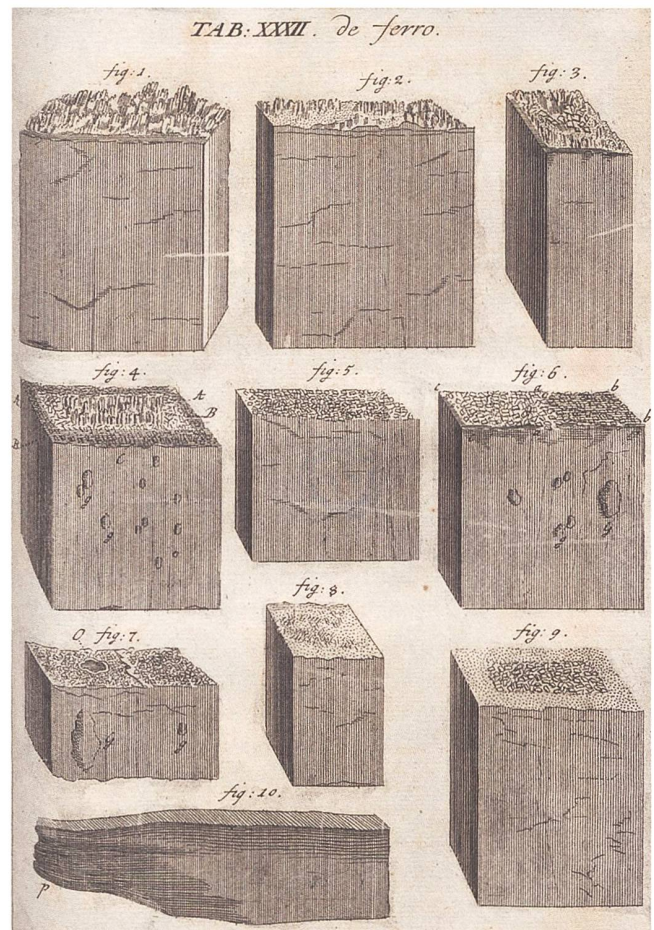
In Georgius Agricolas (eigentlich Georg Bauer) 1556 erschienenen «De Re Metallica Libri XII», einer systematischen technologischen Untersuchung des Berg- und Hüttenwesens, berichtete der Autor in lateinischer Sprache in fünf Kapiteln über die Metallgewinnung.²⁰ Den Hochofenprozess selbst beschreibt der Arzt, Apotheker und Wissenschaftler nicht. Bei der Metallgewinnung ging er nicht über die ihm bekannte Arbeit von Biringuccio hinaus. Unter den Abbildungen des Buches findet sich aber die erste Darstellung einer visuellen Prozesskontrolle an einem Probierofen, in diesem Fall beim Silbersaigern. Die Probierkunst, die Feststellung des Edelmetallgehalts von Erzen und Legierungen, war seit dem 15. Jahrhundert ausgebildet. Die Erze wurden in kleinen Tiegeln erschmolzen, um dann ihren Metallgehalt zu wiegen. Solche Probier- oder Münzwaagen zeigte Agricola auch in seinem Buch.²¹ Agricolas Buch wurde für Jahrhunderte zum Standard. Schon ein Jahr nach der lateinischen Ausgabe veröffentlichte der Basler Arzt und Professor Philippus Bechius/Philipp Beck (1521–1560) die deutsche Übersetzung unter dem Titel «Vom Bergwerck 12 Bücher».²² Die Rezeption des Buches ist erstaunlich: Die erste spanische Übersetzung erschien 1579 (weitere Ausgaben wurden in Lateinamerika gedruckt: 1817 Peru, 1877 Chile, 1925 Mexiko), gefolgt von Übersetzungen in das Chinesische (1640/43), Französische (1730) und Holländische (1735). Georg Agricola gilt als der Begründer der modernen Geologie und Bergbaukunde. Aus heutiger Sicht sind neben der Technikbeschreibung seine Beobachtungen von Umweltschäden und Gesundheitsrisiken im Berg- und Hüttenwesen interessant.

Empiriebasierte Fachliteratur für Qualitätssicherung

Die eigentliche Phase der empirischen Forschung zur Qualitätssicherung, ein Bemühen um die Zurückdrängung des subjektiven Faktors, die über Albertus Magnus hinausging, begann um 1730 und reichte bis 1800/1850.²³ Bedeutende Leistungen wurden in der damals führenden Stahlexportnation Schweden, die zwischen 1792 und 1800 durchschnittlich 49 100 Tonnen pro Jahr erzeugte,²⁴ sowie im Frankreich der Enzyklopädisten geleistet. Es entstand eine selbstständige Fachliteratur, die der Verbreitung von Wissen und der Qualitätssicherung diente. Hier ist für Frankreich René-Antoine Ferchault de Réaumur (1683–

1757) zu nennen, ein breit interessierter Natur- und Materialforscher. Bekannt sind seine Untersuchungen zur Temperaturmessung (Réaumur-Skala) sowie zur Herstellung von Temperguss.²⁵ Das erste und älteste Handbuch ausschliesslich zur Eisenhüttenkunde («De Ferro»²⁶) erschien 1734 als Erstausgabe im Verlag Friedrich Hekel (Dresden und Leipzig) von dem Schweden Emanuel (ab 1719 von) Swedenborg (1688–1772), der sich in seiner ersten Lebenshälfte wissenschaftlich unter anderem aufgrund von Reisen mit dem Bergbau auseinandergesetzt hatte, bevor er zum Mystiker und Theosophen wurde. Da alle seine Werke in lateinischer Sprache abgefasst waren, fand seine Hüttenkunde in Deutschland nicht die ihm gebührende Verbreitung. Swedenborg stellte die gesamte europäische Stahlindustrie seiner Zeit vor. Im zweiten Teil («Regnum subterraneum sive minerale de vena et lapide ferri et de variis eius probandi modus») behandelte er die Prüfung der Erze sowie der Eisensorten und ihrer Unterscheidung, der Eigenschaften des Stahls sowie die Eisen-vorkommen der Erde, aber auch das Eisen in Flora und Fauna. Hier finden sich ausserdem Angaben zur Eisenprobierkunst.²⁷

Die Veröffentlichungen eines weiteren Schweden, Sven Rinman (1720–1792), ursprünglich auf Schwedisch, fanden schon 1785 erstmals und dann 1814 erneut eine Übersetzung ins Deutsche. Schwedisch war damals eine nicht nur etlichen Hüttenleuten geläufige Sprache, zumal Teile Pommerns bis 1807/1815 zum Königreich Schweden gehörten. Rinman hatte grossen Einfluss auf die Entwicklung des schwedischen Bergbaus und der Stahlproduktion im 18. Jahrhundert. Seit 1746 entwickelte er die von seinem Landsmann Anton von Swab (1702–1768) erfundene Lötrohrprobierkunst weiter, bei der die Färbung der Flamme, der Oxidbeschläge und die Art der Schmelzprodukte erste Hinweise auf die Zusammensetzung der Probe gaben. Nach kurzen Studienaufenthalten in Frankreich, Deutschland und den Niederlanden (das heutige Belgien mit der dortigen Eisenindustrie war noch Teil des Königreichs) wurde der 29-jährige Aufseher der Bergwerke in Roslagen, um schon 1750 als Direktor zu den Silberbergwerken Hällefors zu wechseln. Nach einem weiteren Jahr wurde er zum Aufseher der Hochöfen in Västerbergslagen ernannt, wo seine intensive Auseinandersetzung mit dem Eisen begann. 1784, mittlerweile Bergrat und Direktor des neu gegründeten Eisenhüttenwerks Eskilstuna, veröffentlichte er seinen zweibändigen Versuch einer Geschichte des Eisens mit Anwendung für Gewerbe und Handwerker, übersetzt ins Deutsche 1785 von Johann Gottlieb Georgi (1729–1802). 1790 erschien in Wien die deutsche Übersetzung seiner «Anleitung zur Kenntniß der gröbern Eisen- und Stahlveredlung und deren Verbesserung», übersetzt von Christian Friedrich Wappler. Rinmans Werk war so bedeutend, dass Carl Johann Bernhard Karsten (1782–1853), selbst Mineraloge und Metallurge, seit 1811 Oberhüttenverwalter für Ober- und Niederschlesien, Rinmans Geschichte des Eisens neu



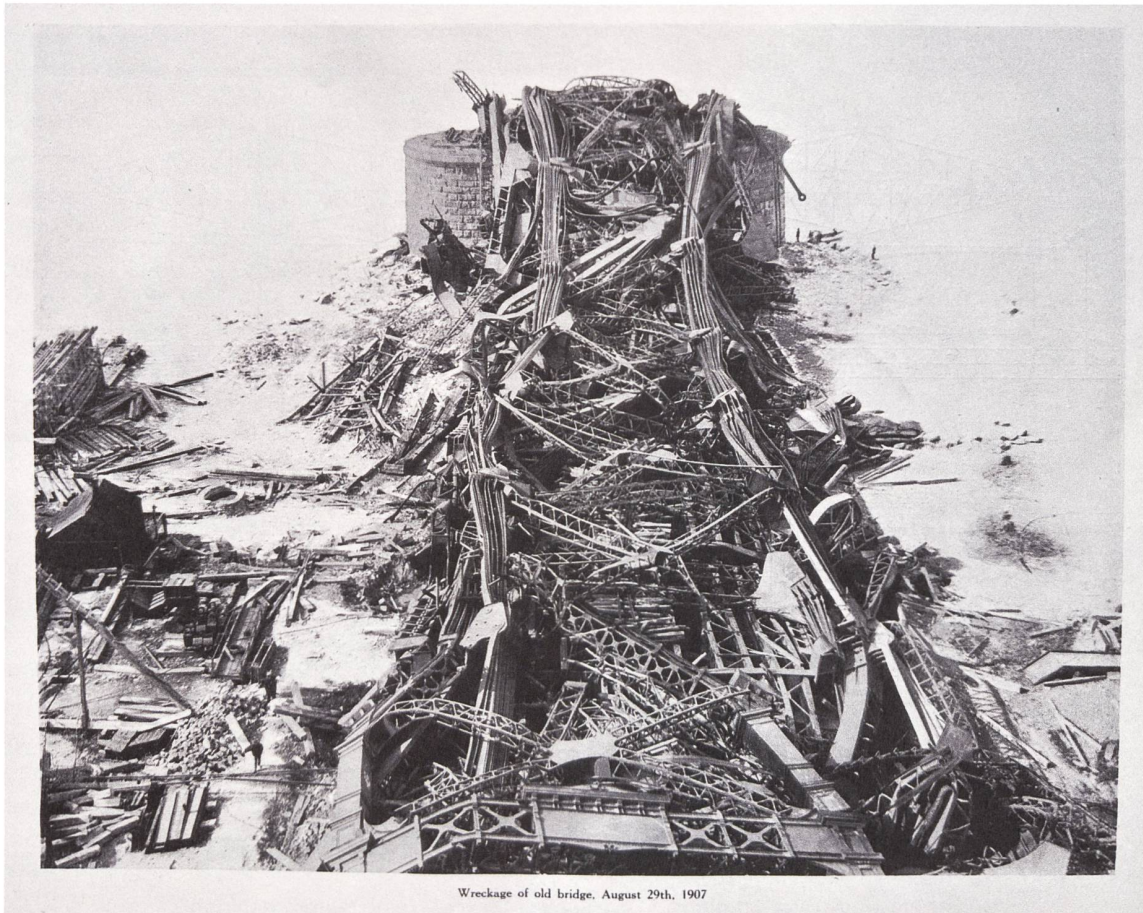
3 Gezeichnete Bruchproben von Eisen und Stahl, 1734.

übersetzte, mit fachlichen Anmerkungen ergänzte und 1814/15 neu herausgab. Sein eigenes Handbuch der Eisenhüttenkunde erschien erstmals 1816 in zwei Bänden; die zweite Auflage von 1827/28 umfasste schon vier Bände, gefolgt von der dritten, aus fünf Bänden bestehenden Auflage von 1841. Die Publikationen sollten Anleitungen geben zur Herstellung guter Eisen- und Stahlqualitäten, ohne dass die jeweiligen physikalisch-chemischen Zusammenhänge schon immer erkannt waren.

Institutionalisierung der Qualitätskontrolle

Waren die Impulse zur Weiterentwicklung des Eisenhüttenwesens und der Materialforschung bisher von den Hüttenwerken und ihren Chefs ausgegangen, so änderte sich dies mit der Industriellen Revolution auf dem europäischen Kontinent.²⁸ Die Industrielle Revolution, die ihren Ausgangspunkt in England nahm und um 1830 den europäischen Kontinent erreichte, führte zu neuen Einsatzbereichen für Eisen und Stahl. Die Anforderungen an diese Konstruktionswerkstoffe durch die neuen Einsatzbereiche wie Dampfmaschinen, Brücken-, Schiffs- und Lokomotivbau, Radreifen und Schienenfertigung sowie Entwicklungen in der Waffentechnik (gusseiserne Kanonen) führten

zu einer Zunahme von Unglücksfällen. Nun forderten die Anwender erstmals deren Eindämmung.²⁹ Wegen der fehlenden Analytik bedurfte es eines aussergewöhnlichen Spürsinns, um die richtigen und erfolgversprechenden Fragestellungen an die vorliegenden technischen Sachverhalte zu stellen. Spektakuläre Unfälle wie Achsbrüche, Brückenunglücke und Dampfkesselexplosionen erhöhten den Druck gleichermassen auf die Produzenten und Anwender. Die sehr häufigen Achsbrüche an Eisenbahnfahrzeugen waren Anlass für die Berliner Bauakademie, Messungen über die Verdrehung und Biegung der Achsen im Betrieb durch Dauerversuche durchzuführen. Ab 1856 wurde August Wöhler (1819–1914) mit entsprechenden Versuchen beauftragt. Seit 1847 im Dienst der 1852 von Preußen verstaatlichten Niederschlesisch-Märkischen Bahn, war Wöhler Obermaschinenmeister der Hauptreparaturwerkstatt in Frankfurt/Oder, wo er nebenbei, d. h. ausserhalb seiner regulären Arbeitszeit, seine Schwingfestigkeitsversuche durchführte. Nach der Verstaatlichung beauftragte Preußen Wöhler mit «Untersuchungen von Lokomotiven, resp. Ermittlung der besten Konstruktionsverhältnisse derselben». Der Staat ergriff entsprechende Initiativen, aber auch die Privatindustrie; sowohl einzelne Unternehmen als auch als Gemeinschaft. Zur Materialprü-



Wreckage of old bridge, August 29th, 1907

4 Eingestürzte Quebec-Brücke, Kanada, 1907. Hauptursache: Konstruktionsmängel und Einbau fehlerhafter Teile.

fung, zur Kontrolle der eingesetzten Rohstoffe und zur Bearbeitung von Beanstandungen der Kunden errichtete beispielsweise auch Alfred Krupp (1812–1887) 1862 eine Proberanstalt zur mechanischen Werkstoffprüfung. Krupp, der damals die technische Realisation des Bessemer-Verfahrens in Deutschland vorantrieb, hatte schon 1852/53 den nahtlosen Radreifen erfunden, der nicht nur zum Markenzeichen der Firma wurde, sondern auch über Jahrzehnte wesentlich zum Unternehmensgewinn beitrug. Noch 1862 erwarb Alfred Krupp auf der Weltausstellung in London eine Universalprüfmaschine der Firma Greenwood & Batley, Leeds, eine der ersten Zerreissmaschinen überhaupt. Ein Jahr später errichtete Krupp zusätzlich ein unabhängiges chemisches Laboratorium, für das das Chemielabor des Polytechnikums Karlsruhe Vorbild war. Von dort kam auch der erste Leiter, der Chemiker Karl Gerstner. 1875 unterstellte Alfred Krupp das Laboratorium unmittelbar der Firmenleitung, um den dort beschäftigten Forschern betriebsintern eine grösstmögliche Unabhängigkeit hinsichtlich ihrer Untersuchungsergebnisse zu gewähren.³⁰ Ungefähr zeitgleich, nämlich 1865, errichtete auch Jacob Mayer (1813–1875) auf dem Bochumer Verein für Bergbau und Gussstahlfabrikation ein chemisches Laboratorium und eine Zerreissstube.³¹

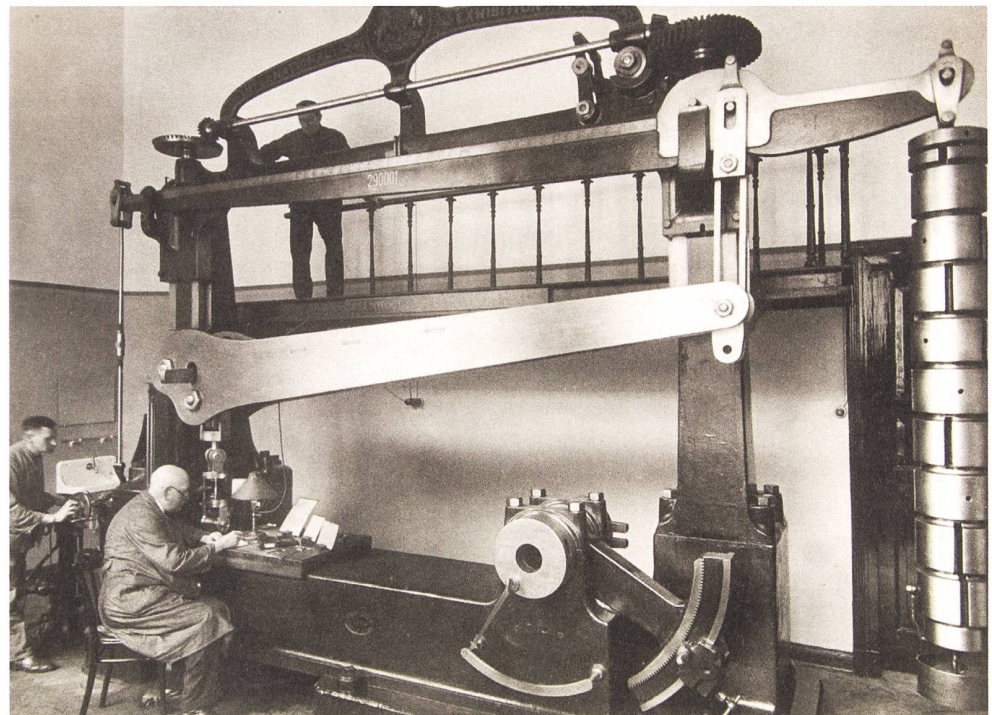
Als Reaktion auf eine Dampfkesselexplosion in einer Brauerei gründeten am 6. Januar 1866 22 badische Unternehmer gemeinschaftlich die «Gesellschaft zur Ueberwachung und Versicherung von Dampfkesseln» mit Sitz in Mannheim, ein Vorläufer des heutigen TÜV SÜD. Es sollten weitere regionale Dampfkesselüberwachungsvereine gegründet werden. Eine weitere Initiative zur Qualitätssicherung ging von dem Professor für Maschinenbau Carl (ab 1895 von) Bach (1847–1931) aus, der sich um die mehr praxisbezogene Ingenieurausbildung verdient gemacht hatte, unter anderem 1881 durch Gründung eines Ingenieurlaboratoriums an dem Königlich Württembergischen Polytechnikum Stuttgart. 1884 initiierte er zusammen mit dem Württembergischen Bezirksverein deutscher Ingenieure die Errichtung einer Materialprüfungsanstalt am Polytechnikum, die zunächst für den Maschinenbau und seit 1895 – aufgrund zunehmender Nachfrage aus der Industrie – auch für den Hochbau zuständig war.³²

Das Fehlen von zuverlässigen und verifizierbaren Messmethoden für die Darstellung elektrischer und anderer Messeinheiten war ein wissenschaftliches und auch wirtschaftliches Problem, weshalb 1872 der Zusammenschluss einiger preußischer Naturwissenschaftler und Unternehmer die Einrichtung eines Staatsinstituts forder-

te, das als «neutrale» Einrichtung die Probleme lösen sollte. Jedoch erst 1887 gelang es dann Werner (ab 1888 von) Siemens (1816–1892), Hermann von Helmholtz (1821–1894) und anderen, den Reichstag zur Finanzierung einer staatlich finanzierten ausseruniversitären Forschungseinrichtung zu bewegen, die wissenschaftliche, technische und industrielle Interessen verbinden sollte. Die Physikalisch-Technische Reichsanstalt in Berlin forschte auch auf dem Gebiet des Eisenhüttenwesens, insbesondere zu elektromagnetischen Eigenschaften des Eisens und seiner Legierungen, ein nicht nur für die junge Elektroindustrie wichtiges Thema.³³ Der Stahlindustrie hingegen gelang es lange Zeit nicht, aufgrund eigener physikalischer Versuche allgemein verbindliche Abnahmevorschriften und Lieferbedingungen festzulegen.

Vergleichbare Aktivitäten zur Institutionalisierung sind für die Eisenhüttenleute noch nicht nachweisbar. So forderte der 1860 gegründete Technische Verein für Hüttenwesen (ab 1880 Verein deutscher Eisenhüttenleute, VdEH)³⁴ schon 1864 die Errichtung eines Hüttenmännischen Versuchslabors. Der Stahlindustrie fehlten zu jener Zeit die sogenannten *Tools of Science*. 1859 war zwar die Spektroskopie entwickelt worden, aber erst 1875 folgten der tragbare Gasanalyseapparat von Louis Orsat (1837–1882) und 1878 die Gasbürette von Hans Bunte (1848–1925). Die Initiativen zur Weiterentwicklung der Analytik gingen sehr häufig von den Polytechnischen Schulen/Technischen Hochschulen

und Bergakademien sowie von den Chemikern an Universitäten aus. Die Bergakademie Berlin besass seit 1783 ein Laboratorium für Probierkunst, das 1846 zum Laboratorium für Metallurgische Chemie und Hüttenkunde und 1879 zur Abteilung für Hüttenkunde ausgebaut wurde. Die Polytechnische Schule Braunschweig richtete 1835 eine Fachabteilung für Hüttenkunde ein im Hinblick auf die Harzer Lagerstätten und den dortigen Hochofenbetrieb. Die Montanistische Hochschule Leoben erhielt 1849 eine Professur für Hüttenkunde. Das Königreich Bayern stattete die 1868 gegründete Polytechnische Schule München mit einem Extraordinariat für Mineralogie und Eisenhüttenkunde aus. Das Königreich Sachsen errichtete 1874 ein Eisenhütteninstitut an der Bergakademie Freiberg, dem Preußen – wie bereits erwähnt – 1879 mit einem Lehrstuhl an der Bergakademie Berlin folgte. Schon 1872 hatte Preußen an der neu gegründeten Polytechnischen Schule Aachen einen Lehrstuhl für Hüttenkunde eingerichtet, aus dem 1897 ein Ordinariat für Metallhüttenkunde und Lötrohrprobierkunst ausgegliedert wurde. Doch erst 1909/10 erfolgte – unter anderem mit Mitteln aus der Industrie – der Ausbau zum Eisenhüttenmännischen Institut mit einem zusätzlichen Ordinariat für Theorie der Eisenhüttenkunde. Die 1911 neu errichtete TH Breslau besass von Anfang an ein grosses Metallhüttenmännisches Institut mit entsprechenden Laboratorien und Abteilungen für Elektrometallurgie und Probierkunst sowie für feuerfeste Materialien und Keramik.³⁵



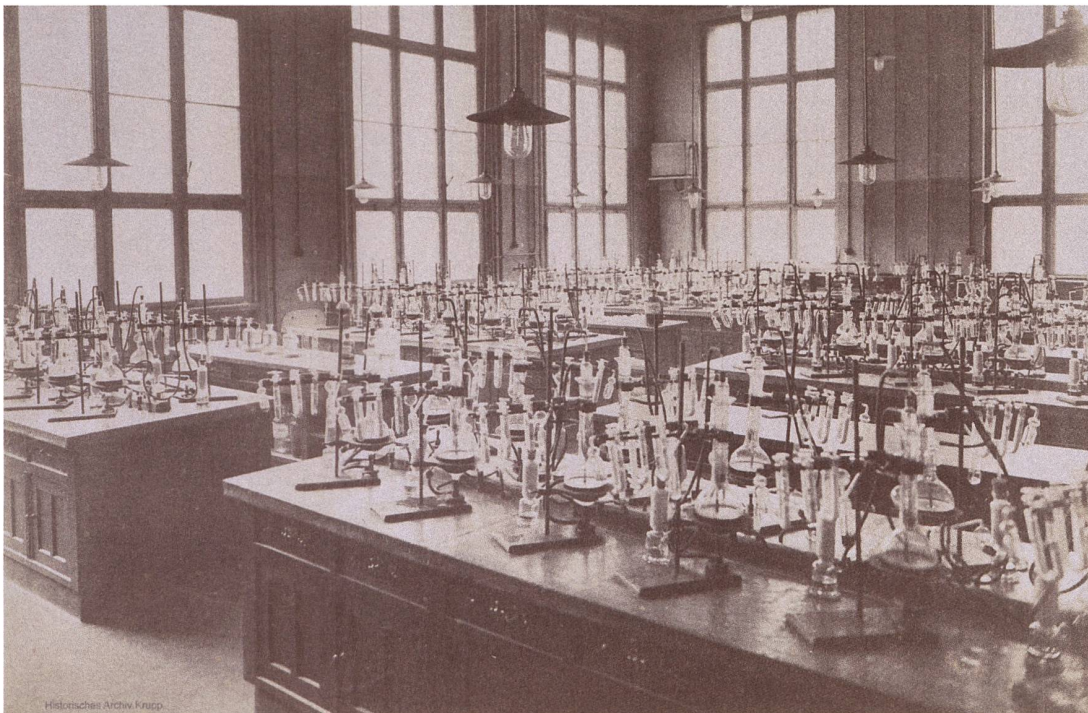
5 Die von Alfred Krupp auf der Londoner Weltausstellung 1862 erworbene Universalprüfmaschine der Firma Greenwood & Batley, Leeds, eine der ersten Zerreissmaschinen überhaupt, stellte er in seinem im gleichen Jahr errichteten Laboratorium in der Essener Gussstahlfabrik auf. Aufnahme um 1900.

Schon 1871 gründete das preußische Ministerium für Handel und Gewerbe auf Anregung von August Wöhler eine Versuchsstation zur Prüfung der Festigkeit von Eisen und Stahl, untergebracht zunächst an der Berliner Gewerbeakademie, aus der sich die heutige Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) entwickeln sollte. Adolf Martens (1850–1914), der hier zeitweise arbeitete, entwickelte 1880 unabhängig von Henry Clifton Sorby (1826–1908) das Metallmikroskop mit fotografischer Vorrichtung zur metallografischen Untersuchung, welches jener schon 1863 gebaut hatte. Martens, der zeitweise als Eisenbahningenieur gearbeitet hatte, wechselte 1880 als Assistent an den Lehrstuhl für Maschinenelemente an der TH Charlottenburg. Am 1. April 1884 wurde er zum Vorsteher der Königlich Mechanisch-Technischen Versuchsanstalt zu Charlottenburg, einer Abteilung der Technischen Hochschule, ernannt. Er baute die Materialforschung in Deutschland als Beitrag zur Unfall- und Schadensverhütung aus. 1901 wurde die Materialprüfung nicht als Reichsamt, sondern als preußische Behörde etabliert. 1904 konnte ein grosszügiger Neubau in Groß-Lichterfeld (= Berlin-Dahlem) bezogen und mit der Chemisch-Technischen Versuchsanstalt vereint werden. Seit 1892 war Adolf Martens, der Vater der deutschen Materialforschung, Professor an der TH [Berlin-] Charlottenburg.³⁶

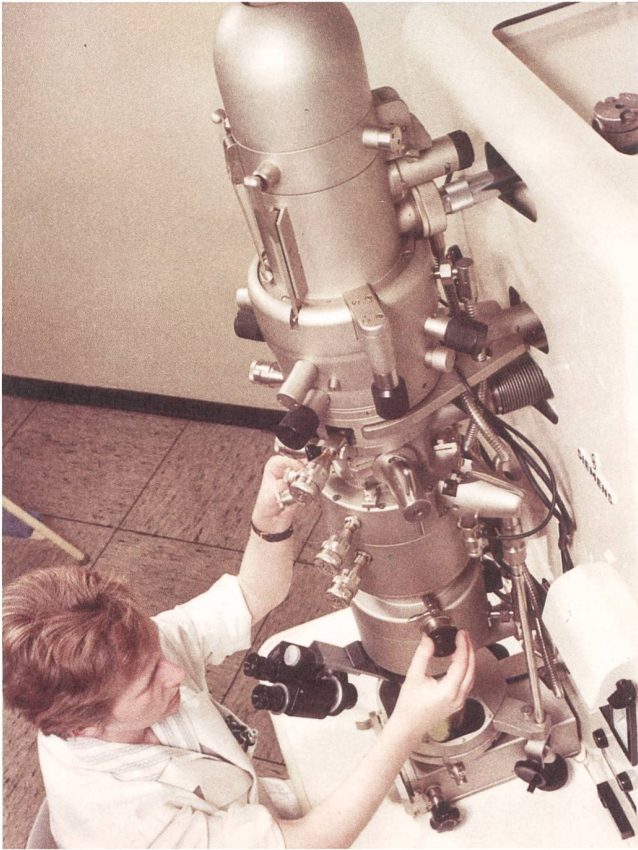
1912 lieferte das Königlich Preussische Materialprüfungsamt erstmals ein Referenzmaterial zur Kohlenstoff-

bestimmung im Stahl. Die Analytik war nämlich ein Problem für die Eisenhüttenleute, da fast jedes Unternehmen sein eigenes Verfahren anwandte. Die Ergebnisse waren folglich nicht vergleichbar. Die Problemstellungen der Zeit waren eine schnellere Analytik, die eine Prozesssteuerung noch ermöglichte, und deren Vereinheitlichung. Die Kohlenstoffforschung im Eisen ab den 1870er-Jahren nach dem Chromschwefelsäureverfahren benötigte zwei bis drei Stunden, das gewichtsanalytische Verbrennungsverfahren im Sauerstoffstrom dauerte dreissig Minuten, während die ab 1913 eingesetzte gasvolumetrische Messung in fünf Minuten erfolgte. Noch zeitintensiver war die Manganbestimmung: Während das gewichtsanalytische Verfahren zwei Tage bis zum Ergebnis dauerte, benötigte das von dem Hallenser Professor Jacob Volhard (1834–1910) entwickelte Permanganat-Verfahren zehn Stunden, dessen Weiterentwicklung die Analysezeit schliesslich auf ein bis zwei Stunden reduzierte, bis das ab 1930 angewandte Smith-Verfahren in sechs Minuten Ergebnisse lieferte.

Die Eisenhüttenleute waren nicht an der Vergleichbarkeit ihrer Produkte interessiert, weshalb die Initiativen zur Vereinheitlichung der Prüfverfahren von den als Schiedsstelle angerufenen analytischen Chemikern ausgingen.



6 Blick in das Kohlenstoff-Bestimmungslabor der Chemisch-physikalischen Versuchsanstalt im neu errichteten Forschungslaboratorium der Fried. Krupp AG, 1911.



7 Einsatz eines Elektronenmikroskops in der Versuchsanstalt der Ruhrstahl AG, Hattingen, Aufnahme Juli 1962.

Standardisierung der Qualitätskontrolle

Die Eisenhüttenleute waren nicht unbedingt an der Vergleichbarkeit ihrer Produkte interessiert, weshalb die Initiativen zur Vereinheitlichung der Prüfverfahren auch nicht von den Eisenhüttenleuten, sondern von den als Schiedsstelle angerufenen analytischen Chemikern ausgingen. 1883/84 wünschte der Verein analytischer Chemiker erstmals eine Normierung der Mangananalyse. Eine Kommission zur Vereinheitlichung wurde 1888 gegründet, Anfang der 1880er-Jahre waren zahlreiche analytische Methoden für den hüttenmännischen Prozess ausgearbeitet, doch die Vergleichbarkeit der Daten war nicht gewährleistet, da jedes Laboratorium nach eigenen Regeln Proben nahm und analysierte. Standardisierung und Normierung waren also im Kundeninteresse notwendig. Anstoß beziehungsweise Anlass zu entsprechenden Bemühungen gaben vermutlich die 1883 in der Alkaliindustrie erzielte Einigung über Untersuchungsmethoden für Rohstoffe und Produkte sowie die Einführung des Thomas beziehungsweise Siemens-Martin-Verfahrens und die dabei auftretenden Qualitätsprobleme. Die entsprechende Initiative ging vom Verein analytischer Chemiker aus, auf dessen Jahresversammlung 1883 Dr. Conrad Schmitt, Direktor zunächst der amtlichen Lebensmittel-Untersuchungsanstalt und Versuchsstation zu Wiesbaden, dann

ebenda seines eigenen Laboratoriums mit mehreren promovierten Mitarbeitern, vorschlug, dass der Verein analytischer Chemiker und der VdEh eine gemeinsame Kommission bilden sollten, um die wichtige Mangananalyse im Eisen zu standardisieren. Die Handelschemiker, selbstständige analytische Chemiker, waren bei Messabweichungen zwischen zwei Vertragspartnern die vorab vereinbarte Schiedsstelle, weshalb ihnen zur Wahrung ihrer Neutralität an einer Standardisierung der Analyseverfahren gelegen war. Das ursprünglich von Lebensmittelchemikern initiierte Vorhaben scheiterte jedoch 1887 mit dem unerwarteten Tod des Kommissionsvorsitzenden Dr. Johannes Skalweit, Direktor des Untersuchungsamts der Stadt Hannover und Redakteur des «Repertorium der Analytischen Chemie» und zugleich ehemaliger Geschäftsführer des Vereins analytischer Chemiker, da die bisherige Kommissionsarbeit nur auf schriftlichem Austausch beruht hatte. Die meisten Eisenhüttenleute waren damals an der technischen Weiterentwicklung der neuen industriellen Stahlherstellungsverfahren interessiert. Deshalb hatten sie bei der Neugründung 1880 zum VdEh mit Carl Lueg (1833–1905) einen Maschinenbauer zu ihrem ersten Vereinsvorsitzenden (1879–1905) gewählt. Aber der seit 1885 amtierende erste Geschäftsführer des VdEh, Emil Schrödter, griff die Idee der Vereinheitlichung

der Analysemethoden auf, blieb jedoch zunächst erfolglos. Als Gründe gab der Verein später den Tod einiger Mitglieder beziehungsweise ihr Ausscheiden aus der analytischen Praxis an. Vermutlich spielten auch Konkurrenzängste eine nicht unerhebliche Rolle, denn die einzelnen Stahlwerke bewarben ihre Produkte mit Namen wie Meteor- oder Silbereisen, ohne weitere Qualitätsangaben. Selbst auf dem V. Internationalen Kongress zur Vereinbarung einheitlicher Prüfmethode für Bau- und Konstruktionsmaterialien in Zürich 1895 gelang es dem Berliner Professor für Eisenhüttenkunde Hermann Wedding (1834–1908) und dem Industrieforscher Hans Freiherr Jüptner von Jonstorff (1853–1941) nicht, einheitliche Analysemethoden für Eisen und Stahl zu vereinbaren. Letzterer war bei der Österreichischen Alpen Montangesellschaft in Neuburg tätig und sollte sich 1899 als erster deutschsprachiger Industrieforscher überhaupt habilitieren (Leoben), bevor er 1903 an die TU Wien als Professor für chemische Technologie anorganischer Stoffe berufen wurde. Interessant ist, dass beide eine europäische Normierung anstrebten, die die wichtigen Produzenten Deutschland, Grossbritannien und Frankreich umfassen sollte.

Obwohl fast alle Eisenhüttenleute im Verein deutscher Eisenhüttenleute zusammengeschlossen waren, dauerte es bis zum ersten Jahrzehnt des 20. Jahrhunderts, bis der Gedanke einer Gemeinschaftsforschung, des Erfahrungsaustauschs und der Normierung von Verfahren und Prozessen eine ausreichende Anzahl von Befürwortern fand. Im Krieg initiierte dann 1917 der Verein Deutscher Ingenieure nach Vorarbeiten anderer die Gründung eines Normenausschusses, hatte doch unter anderem die Produktion gleichkalibriger Geschütze dazu geführt, dass einzelne Konstruktionsteile je nach Hersteller nicht austauschbar waren. Bis die DIN-Norm für die Stahlindustrie als Stahlmarken eingeführt waren, sollte es noch bis in die 1920er-Jahre dauern.³⁷

Zerstörungsfreie Materialprüfung

Die 1895 von Conrad Röntgen (1845–1923) entdeckten und nach ihm benannten Strahlen eröffneten die Möglichkeit zur zerstörungsfreien Materialprüfung. Die Firma Krupp sollte schon im folgenden Jahr erste Röntgenversuche mit Stahl durchführen, bevor andere Unternehmen das Verfahren ab den 1920er-Jahren weiterentwickelten und sogar in mobilen Stationen anwandten. Im Nationalsozialismus wurde eine Fördergemeinschaft für zerstörungsfreie Prüfverfahren gegründet und eine Reichsröntgenstelle eingerichtet.

Als weitere zerstörungsfreie physikalische Prüfverfahren wurden in den 1930er-Jahren die Ultraschallprüfung und das Elektronenmikroskop entwickelt. Letzteres schliesst unmittelbar an die Grenzen der Auflösung der Lichtmikroskopie an, wodurch erstmals submikroskopische Ausscheidungen der Kristallisation sichtbar wur-

den. Das erste einsetzbare Ultraschallgerät kam in den 1940er-Jahren auf den Markt. Das von Ernst Ruska (1906–1988) entwickelte Elektronenmikroskop konnte ab 1938/39 serienmässig von Siemens & Halske hergestellt werden.³⁸

Die 1895 von Conrad Röntgen entdeckten und nach ihm benannten Strahlen eröffneten die Möglichkeit zur zerstörungsfreien Materialprüfung.

Einen ganz anderen Zugang zur Qualitätsprüfung bot die Statistik, in den 1920er-Jahren Grosszahlforschung genannt, die Karl Daeves (1893–1963) zum Aufspüren von typischen Serienfehlern einsetzte. Voraussetzung für dieses Verfahren war die systematische Erfassung von Reklamationen und deren Auswertung. Dazu eignete sich besonders das Hollerith-Verfahren, das in den 1920er-Jahren Einzug in die ersten Verwaltungen der Stahlfirmen hielt.³⁹

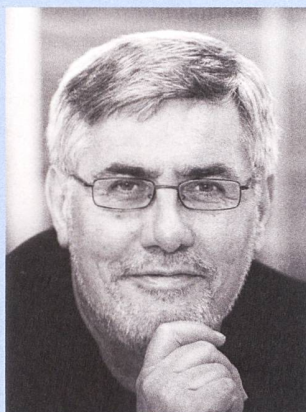
Fazit

Der Handel mit Produkten war Anlass zur Qualitätsprüfung, anfangs auf das Produkt selbst beschränkt, dann ausgeweitet auf den jeweiligen Herstellungsprozess. Dieses Qualitätsmanagement, das in der Ur- und Frühgeschichte beginnt, war für Eisen und dann Stahl zunächst auf die fünf menschlichen Sinne beschränkt. Die Industrielle Revolution brachte in Europa nicht nur die Massenerstellung von Eisen und Stahl, sondern auch neue Anwendungsfelder mit technischen Risiken. Die Unfälle trieben die Institutionalisierung der Qualitätskontrolle bei Anwendern, Herstellern und dem Staat voran, wobei die Eisen- und Stahlfirmen nur bedingt eine Vorreiterrolle einnahmen und auch lange Zeit nicht zu Kooperationen untereinander bereit waren. Ein zusätzliches Problem stellten die fehlenden *Tools of Science* dar, die im 19. Jahrhundert vornehmlich in wissenschaftlichen Institutionen entwickelt wurden. Es war ein Spürsinn notwendig, um die Analytik für die Prozesskontrolle zu entwickeln, diese den zeitlichen Bedürfnissen des Herstellungsprozesses anzupassen und sich auf genormte Verfahren zu einigen. Mit dem Einsatz von Röntgenapparaten sowie Ultraschall wurde der bisherige Bereich des Sichtbaren zu Beginn des 20. Jahrhunderts verlassen und mit Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung wurden neue Methoden der Qualitätssicherung in der Stahlindustrie angewandt.

Zu den Autoren

Bernd Lychatz, Dr. Ing. habil.

Manfred Rasch, Prof. Dr.



Bernd Lychatz, geboren 1960, ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Eisen- und Stahltechnologie der TU Bergakademie Freiberg und Geschäftsführer des Vereins Eisen- und Stahltechnologie Freiberg. 1982–1987 Studium der «Erzeugung von Eisenwerkstoffen», 1995 Promotion zum Thema «Entschwefelung von Roheisen nach dem Tauchlanzenverfahren», 2013 Habilitation zum Thema «Die Metallurgie des Rennverfahrens» an der TU Bergakademie Freiberg. Forschungsschwerpunkte: Geschichte der Eisenerzeugung; Prozessanalyse und Untersuchung von Problemstellungen in modernen integrierten Hüttenwerken und E-Stahlwerken; Dekarbonisierung der Stahlindustrie.

TU Bergakademie Freiberg, Deutschland
bernd.lychatz@iest.tu-freiberg.de

Manfred Rasch, geboren 1955, studierte von 1975 bis 1981 Geschichte, Mathematik und Pädagogik. 1984–1986 Referendariat. 1986–1992 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Max-Planck-Institut für Kohlenforschung. 1989 Promotion. 1992–2018 Leiter des heutigen thyssenkrupp Corporate Archives. 2003 Honorarprofessor der Ruhr-Universität Bochum. Seine Forschungsschwerpunkte sind die Wirtschafts-, Technik- und Wissenschaftsgeschichte des 19. und 20. Jahrhunderts. 2022 ist von ihm das Buch «Das Ruhrgebiet im Ersten Weltkrieg» erschienen.

Ruhr-Universität Bochum, Deutschland
Manfred.Rasch@rub.de



Verwandter Artikel im Ferrum-Archiv:
«Erfahrung, Forschung und Entwicklung in der (west-)deutschen Eisen- und Stahlerzeugung: Versuch einer Begriffserklärung und Periodisierung der letzten 200 Jahre» von Manfred Rasch in Ferrum 68/1996

Anmerkungen

- 1 <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/total-quality-management-tqm-47755/version-271017> (Stand November 2023).
- 2 Oskar Hoffmann, Qualitätsstahl, 1907; Qualitätsfaktor und Versuchsnorm, in: Stahl und Eisen 32 (1912), S. 1757; Paul Legers, Der Qualitätsgedanke in der Eisen verarbeitenden Industrie, in: ebd. 47 (1927), S. 1635 ff.
- 3 Der Begriff Werkstoffprüfung wird erstmals als eigenes Kapitel in der 11. Auflage der Gemeinfasslichen Darstellung des Eisenhüttenwesens, Düsseldorf 1923, S. 226 genutzt, unterteilt in Chemische Prüfung, Mechanische Prüfung sowie Gefügeuntersuchung und thermische Prüfung. In der 12. Auflage von 1921 heisst es noch: Die Prüfung des Eisens mit entsprechenden Unterkapiteln.
- 4 Anlassfarben des Stahls: Beim Erwärmen läuft blanker Stahl an und zeigt die sogenannte Anlassfarbe, die für die jeweilige Temperatur charakteristisch ist – z. B. bei unlegiertem Werkzeugstahl: 220 °C strohgelb, 270 °C purpurrot, 300 °C kornblumenblau, 360 °C grau. Siehe: Kerstin Garbracht et al. (Hg.), Stahl Lexikon, 25. Auflage, Düsseldorf 1996, S. 9.
- 5 Beispielsweise erwähnt bei Johann Ludolph Blumhof (1771–1825), der Werke zur Eisenhüttenkunde aus dem Schwedischen, Dänischen und Französischen übersetzte und selbst als Eisenhüttenmann gearbeitet hatte, siehe Herbert Dickmann, Blumhof, Johann Georg Ludolf, in: Neue Deutsche Biographie 2 (1955), S. 336. Bei Blumhof findet sich das folgende Zitat: «Und b) wenn der Geschmack des Erzes, wenn man es in den Mund nimmt, süß ist, sich in Klumpen setzt, und zwischen den Zähnen festklebt, so ist es von der besten Art, reich an Eisen und strengflüssig. Das was keinen Geschmack hat, ist zwar gut, aber nicht reich. Was nach Salz, Grünspan oder Vitriol schmeckt, ist untauglich», in: Ole Evenstad's Distrikts- oder Lehnsvogt und Landwirths in Aamods Kirchspiel in Oesterdalen in Norwegen gekrönte Preisschrift oder praktische Abhandlung von den Sumpf- und Morast-Eisensteinen in Norwegen und von der Methode solche in so genannten Bauer- oder Blaseöfen in Eisen und Stahl zu verwandeln, Göttingen, 1801, S. 5. Die Vorlage war: Ole Evenstad, Praktische Abhandlung von den Eisensteinen, welche sich in Norwegen in Sümpfen und Morästen finden, und über die Methode solche in Eisen und Stahl zu verwandeln. Kopenhagen 1790; Neuausgabe mit Ergänzungen: Arne Espelund, Praktische Abhandlung von den Eisensteinen, welche sich in Norwegen in Sümpfen und Morästen finden, und über die Methode solche in Eisen und Stahl zu verwandeln. Trondheim 1991.
- 6 Philippe Dillmann et al., Circulation of iron products in the North-Alpine area during the end of the first Iron Age (6th–5th c. BC): A combination of chemical and isotopic approaches, in: Journal of Archaeological Science 87 (2017), S. 108–124.
- 7 Eine Auswertung von Tontafeln und Papyri durch sprachkundige Technikhistoriker kann hier noch neue Erkenntnisse bringen.
- 8 Homer, Illias XXIII 832 ff., zitiert nach Helmuth Schneider, Einführung in die antike Technikgeschichte. Darmstadt 1992, S. 71.
- 9 Homer, Odyssee, 9, 391 ff.: Wie, wenn ein kluger Schmied die Holzaxt oder das Schlichtbeil / Aus der Esse in den kühlenden Trog, der sprudelnd emporbraust / Wirft und härtet; denn dieses ersetzt die Kräfte des Eisens.
- 10 Mario Wallner, Die «deserta boiorum» – ein Zentrum der vorrömischen Eisenindustrie?, in: Raimund Karl und Jutta Leskovar (Hg.), Interpretierte Eisenzeiten. Fallstudien, Methoden, Theorie. Tagungsbeiträge der 5. Linzer Gespräche zur interpretativen Eisenzeitarchäologie. Studien zur Kulturgeschichte von Oberösterreich, Folge 37. Linz 2013.
- 11 Ovid, Metamorphosen 14, 712 [...] durior [...] ferro quod noricus excoquit ignis [...] («hart wie Eisen und Stahl, in der norischen Esse geschmolzen»).
- 12 Plinius, Naturalis Historia 34, 144 f.; zum Erz ebd. 1 f., zum Eisen ebd. 138 ff.
- 13 Interpretation bei Emil Ernst Ploss, Wielands Schwert Mimung und die alte Stahlhärtung, in: [Pul und Braunes] Beiträge zur Geschichte der deutschen Sprache und Literatur. Bd. 79 (1957), S. 110–128.
- 14 Brigitte Cech, Technik in der Antike. Darmstadt 2010, S. 199.
- 15 «Viele Zeit ist erforderlich, um festzustellen, dass bei einer Beobachtung alle Täuschung ausgeschlossen ist. Es genügt nicht, die Beobachtung nur auf bestimmte Weise anzustellen. Man muss sie vielmehr unter den verschiedensten Umständen wiederholen, damit die wahre Ursache der Erscheinung mit Sicherheit ermittelt werden kann.» (Ethica, I. VI, tr. 3, c. 25) – «Es ist Aufgabe der Naturwissenschaft, nicht bloß Tatsachen zu berichten und einfach hinzunehmen, sondern vielmehr im Naturgeschehen die Ursachen zu ergründen» (De mineral., I. II, tr. 2, c. 1).
- 16 Ludger Honnefelder (Hg.), Albertus Magnus und der Ursprung der Universitätsidee. Die Begegnung der Wissenskulturen im 13. Jahrhundert und die Entdeckung des Konzepts der Bildung durch Wissenschaft. Berlin 2011.
- 17 Otto Johannsen, Geschichte des Eisens. 3. Aufl. Düsseldorf 1953, S. 153.
- 18 Volker Schmidtchen, Bombarden, Befestigungen, Büchsenmacher. Von den ersten Mauerbrechern des Mittelalters zur Belagerungsartillerie der Renaissance. Düsseldorf 1977, S. 105–110.
- 19 Vannoccio Biringuccio, Pirotechnia. Übersetzt und erläutert von Otto Johannsen. Braunschweig 1925.
- 20 Buch VII: Vom Probierwesen; Buch VIII: Von der Vorbereitung der Erze für das Schmelzen; Buch IX: Von den Schmelzöfen und den Gewinnungsverfahren der Metalle; Buch X: Von der Edelmetallscheidung, dem Abtreiben und Silberfeinbrennen; Buch XI: Vom Entsilbern des Schwarzkupfers und Eisens.
- 21 Schon 1539 war anonym ein «Probierbüchlein auf allerley Mettal» erschienen, ein wichtiges Handbuch für Metallurgen, Probierer, Münzmeister und Goldschmiede.
- 22 Deutsche Faksimile-Ausgabe Essen 1985 mit begleitendem Text von Wilhelm Treue; Friedrich Naumann: 450 Jahre «De re metallica libri XII» – das Hauptwerk Georgius Agricolae. Chemnitz 1996, (PDF: user.tu-chemnitz.de, PDF).

- 23** Zur Periodisierung allgemein Manfred Rasch, Erfahrung, Forschung und Entwicklung in der (west-)deutschen Eisen- und Stahlerzeugung. Versuch einer Begriffserklärung und Periodisierung der letzten 200 Jahre, in: *Ferrum* Nr. 68 (1996), S. 4–29; allgemein auch ders., Zur Verwissenschaftlichung des Eisenhüttenwesens in Deutschland, in: *stahl*. Nr. 2/2023, S. 74–77; Nr. 3/2023, S. 86–89; Nr. 5–6/2023, S. 70–73; Nr. 1–2/2024, S. 70–73.
- 24** Ludwig Beck, *Geschichte des Eisens*. Bd. 3, Braunschweig 1897, S. 1122.
- 25** H. Albrecht, Réaumur und die Erfindung des Tempergusses, in: *Schweizerische Bauzeitung* 41 (1957), S. 651 ff.
- 26** Der vollständige Titel lautet: *Regnum Subterraneum sive Minerale: De Ferro ...* (Das unterirdische oder mineralische Reich: Über Eisen ...).
- 27** Otto Johannsen, *Geschichte des Eisens*. 3. Aufl. Düsseldorf 1953, S. 263.
- 28** Manfred Rasch, Zur Verwissenschaftlichung des Eisenhüttenwesens in Deutschland, in: *stahl*. Nr. 2/2023, S. 74–77.
- 29** Wolfhard Weber, *Technik und Sicherheit in der deutschen Industriegesellschaft 1850 bis 1930*, Wuppertal 1986.
- 30** Heinz Gummert, Die Entwicklung neuer technischer Methoden unter Anwendung wissenschaftlicher Erkenntnisse im Bereich der deutschen Schwerindustrie, gezeigt am Beispiel der Firma Krupp in Essen, in: Wilhelm Treue und Kurt Mauel (Hg.), *Naturwissenschaft, Technik und Wirtschaft im 19. Jahrhundert*. Göttingen 1976, S. 351–362, hier S. 356.
- 31** Walther Däbritz, *Bochumer Verein für Bergbau und Gusstahlfabrikation (!) in Bochum*. Düsseldorf 1934, S. 116.
- 32** Siehe Malte Stöcken in diesem Band. Gerhard Zweckbronner, *Ingenieurausbildung im Königreich Württemberg: Vorgeschichte, Einrichtung und Ausbau der Technischen Hochschule Stuttgart und ihrer Ingenieurwissenschaften bis 1900: Eine Verknüpfung von Institutions- und Disziplingeschichte*. Stuttgart 1987; Dieter Blind, *Geschichte der Staatlichen Materialprüfungsanstalt an der Universität Stuttgart*. Stuttgart 1971.
- 33** David Cahan, *Meister der Messung. Die Physikalisch-Technische Reichsanstalt im Deutschen Kaiserreich*. Weinheim, New York, Basel 1992. Cahan geht jedoch nicht auf die unspektakuläre Forschungsarbeit ein. Elektromagnetische Arbeiten erwähnt im Schreiben Ehrensberger an Gustav Krupp von Bohlen und Halbach vom 18.10.1912, in: *Historisches Archiv Krupp FAH IV E 258*, S. 51–55.
- 34** Helmut Maier, *Ingenieure, Eisenhüttenleute und der Technische Verein für Eisenhüttenwesen 1860–1880*, in: ders.; Andreas Zilt und Manfred Rasch (Hg.), *150 Jahre Stahlinstitut VDEh*. Essen 2010, S. 21–42.
- 35** Hans Martin Klinkenberg (Hg.), *Rheinisch-westfälische Technische Hochschule Aachen 1870–1970. Separatband Tafeln und Übersichten*. Stuttgart 1970, Tafel IV b.
- 36** Max Pfender, «Martens, Adolf», in: *Neue Deutsche Biographie* 16 (1990), S. 266 f.; Walter Ruske, *100 Jahre Materialprüfung in Berlin – ein Beitrag zur Technikgeschichte*. Berlin 1971; Helmut Maier, *100 Jahre Deutsche Gesellschaft für Materialkunde 1919 bis 2019*. Essen 2019.
- 37** Manfred Rasch, Zur Verwissenschaftlichung des Eisenhüttenwesens in Deutschland – Teil 3: Auf dem Weg zur Gemeinschaftsforschung im Verein deutscher Eisenhüttenleute, in: *stahl*. Nr. 5–6/2023, S. 70–73, ders., *Das Ruhrgebiet im Ersten Weltkrieg*. Münster 2022, S. 321 ff.
- 38** Günther Luxbacher, *Durchleuchten und Durchschallen: Geschichte der Deutschen Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung von 1933 bis 2018*. München 2019.
- 39** Karl Daeves, *Auswertung statistischer Unterlagen für Betriebsüberwachung und Forschung*; 1922; ders., *Grosszahlforschung. Grundlagen und Anwendungen eines neuen Arbeitsverfahrens für die Industrieforschung mit zahlreichen praktischen Beispielen*. Düsseldorf 1924; ders., *Auswertung statistischer Unterlagen für Betriebsüberwachung und Forschung (Grosszahl-Forschung)*, in: *Stahl und Eisen* 43 (1923), S. 462–466; ders., *Praktische Grosszahl-Forschung. Methoden zur Betriebsüberwachung und Fehlerbeseitigung*. Berlin 1933; *Grosszahl-Forschung, das Instrument des Betriebsingenieurs*, in: *Stahl und Eisen* 54 (1934), S. 639; zu Daeves Konzept der Grosszahlforschung siehe Manfred Rasch, *Industrieforschung im «Dritten Reich»: Die Kohle- und Eisenforschung GmbH der Vereinigte Stahlwerke AG 1934–1947. Entstehung – Entwicklung – Ende*, in: Ottfried Dascher und Christian Kleinschmidt (Hg.), *Die Eisen- und Stahlindustrie im Dortmunder Raum. Wirtschaftliche Entwicklung, soziale Strukturen und technologischer Wandel im 19. und 20. Jahrhundert*. Dortmund 1992, S. 375–400, hier S. 381–384.

Bildnachweise

- 1** Georgius Agricola: *De Re Metallica Libri XII*. Basel: Froben, 1556, S. 176. Foto: Eisenbibliothek, EM/Ea 67.
- 2** Georgius Agricola: *De Re Metallica Libri XII*. Basel: Froben, 1556, S. 207. Foto: Eisenbibliothek, EM/Ea 67.
- 3** Emanuel Swedenborg: *De Ferro*. Dresden und Leipzig, 1734, Tab. XXXII. Foto: e-rara.ch.
- 4** Canadian Department of Railways and Canals: *The Quebec Bridge over the St. Lawrence river: near the City of Quebec, on the line of the Canadian National Railways; 1908[-]1918; report of the Government Board of Engineers*. Ottawa, 1919. Foto: Eisenbibliothek, EM/IB 299 fol.
- 5–6** Historisches Archiv Krupp.
- 7** thyssenkrupp Corporate Archives.



+GF+

GF – dem historischen und kulturellen Erbe verpflichtet

Die Eisenbibliothek ist eine Stiftung der Georg Fischer AG. Sie pflegt das kulturelle und historische Erbe des GF Konzerns und unterstützt Forschung und Wissenschaft. Von der grosszügigen Unterstützung durch GF profitiert mit der Eisenbibliothek auch die Technikgeschichtliche Tagung.

GF wünscht eine gute und erkenntnisreiche Lektüre der Beiträge in diesem Heft.

www.georgfischer.com