

Zeitschrift: Ferrum : Nachrichten aus der Eisenbibliothek, Stiftung der Georg Fischer AG
Herausgeber: Eisenbibliothek
Band: 86 (2014)

Artikel: Wissen in der Sammlung : die Freiburger Sammlungen für Eisenhüttenkunde und mechanisch-metallurgische Technologie
Autor: Lehmann, Nele-Hendrikje
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-391855>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 19.06.2025

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

Nele-Hendrikje Lehmann

Wissen in der Sammlung

Die Freiburger Sammlungen für Eisenhüttenkunde und mechanisch-metallurgische Technologie

Akademische Sammlungen waren im 19. Jahrhundert aus dem Lehralltag der höheren technischen Bildungsanstalten kaum wegzudenken. Dennoch sind sie in der Geschichte der Technikwissenschaften bis heute wenig beachtet oder pauschal als Ausdruck der «Verwissenschaftlichung» von Technik interpretiert worden. Wie das Beispiel der Eisenhüttenkunde zeigt, waren Sammlungen jedoch von grosser Bedeutung für die Etablierung der Disziplin. Die Sammlungen repräsentierten nicht nur die Wissensbestände der Eisenhüttenkunde, sondern waren untrennbar mit deren Wissensformen und Wissenspraktiken verbunden.

Collections were an important means of science instruction at technical colleges during the 19th century. They have, however, hardly been considered in the history of technology. I will argue that collections not only served as a repository but also played a crucial role in the formation of technical disciplines like ferrous metallurgy. Thus, they were inseparably connected with their specific forms and practices of knowledge.

Sammlungen gehörten im 18. und 19. Jahrhundert zu den zentralen Einrichtungen vieler Universitäten und Hochschulen. Sie konstituierten eigene Wissensräume, übernahmen wichtige Funktionen in der Forschung und Lehre, trugen zur disziplinären Ausdifferenzierung der Wissenschaften bei und repräsentierten durch ihren öffentlichen Charakter die Universität nach aussen. Trotz dieser herausragenden Bedeutung hat erst das wachsende Interesse an der materialen Kultur der Wissenschaften zu einer Wiederentdeckung der universitären Sammlungen in der Geschichtswissenschaft geführt.¹ Das Sammeln als soziale und kulturelle Praxis gilt in der neueren historischen Forschung als wichtiger Bestandteil der Wissenschaft. Deshalb kann, so Anke te Heesen und E. C. Spary, die Wissenschaftsgeschichte nicht «ohne die Dinge, das Vokabular und die methodischen Werkzeuge der Sammlungsgeschichte auskommen».²

Im Vergleich zu den medizinischen, naturkundlichen und geologischen Sammlungen haben die technischen Sammlungen bislang wenig Aufmerksamkeit erfahren. Ein Grund für diese Vernachlässigung mag darin liegen, dass die Sammlungen im Bereich der Ingenieurwissenschaften vornehmlich für Lehrzwecke angelegt

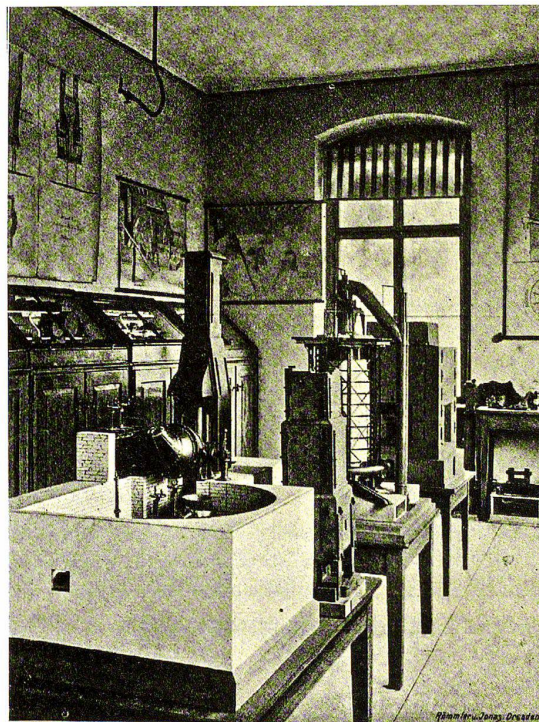
wurden, die Lehre jedoch bis heute lediglich eine untergeordnete Rolle in der Wissenschafts- und Technikgeschichte spielt. Am Beispiel der Eisenhüttenkunde wird im Folgenden gezeigt, dass auch Lehrsammlungen nicht nur die Wissensbestände einer Disziplin repräsentieren, sondern untrennbar mit deren Wissensformen und Wissenspraktiken verbunden sind. Ein veränderter Umgang mit den Objekten oder ein Bedeutungsverlust, wie ihn die Sammlungen für Eisenhüttenkunde Anfang des 20. Jahrhunderts erlebten, lassen somit auf die Veränderungen der disziplinären Wissenspraktiken schliessen.

Die Sammlungen der Eisenhüttenkunde

Um 1870 war die Eisenhüttenkunde noch eine junge Disziplin, die im Gegensatz zur Nichteisenmetallurgie kaum institutionalisiert war. Lehrstühle bestanden nur an den Bergakademien in Berlin und Schemnitz, die grösseren Fachzeitschriften wie das «Journal of the Iron and Steel Institute» oder «Stahl und Eisen» wurden erst 1871 bzw. 1881 gegründet. In Freiberg hatte es bis zu diesem Zeitpunkt lediglich in unregelmässigen Abständen Vorlesungen zur Eisenmetallurgie gegeben, eine Erweiterung des Lehrangebots hatte die sächsische Staatsregierung aus ökonomischen Erwä-

gungen stets abgelehnt. Trotz der steigenden industriellen Bedeutung von Eisen und Stahl sah auch das gross angelegte Reformprojekt, das die Bergakademie nach Aufhebung des Direktionsprinzips 1869 in die institutionelle Eigenständigkeit überführen sollte, für das Fach zunächst keinen eigenständigen Lehrstuhl vor. Erst als es bei der Umsetzung der Reformen zu kaum überwindbaren Schwierigkeiten kam, gewann die Eisenhüttenkunde für den Direktor der Bergakademie, Gustav Zeuner, an Bedeutung. Die Konkurrenz mit den Universitäten und Technischen Hochschulen um geeignetes Lehrpersonal machte eine Besetzung der Professuren für theoretische Chemie und Maschinenbau nahezu unmöglich. Deshalb schlug Zeuner alternativ die Gründung einer Professur für Eisenmetallurgie vor. Dies löste auf elegante Weise gleich mehrere Probleme. Der noch vakante Lehrstuhl für Chemie wurde in einen Lehrstuhl für Eisenhüttenkunde, Salinenkunde und mechanisch-metallurgische Technologie umgewandelt, der Studiengang Maschinenbau durch einen neuen Studiengang Eisenhüttenkunde ersetzt. Der Notnagel Eisenhüttenkunde entpuppte sich darüber hinaus als lukrative akademische Marktlücke, denn nach einigen Diskussionen wurde zusätzlich die Einrichtung eines Eisenhüttenlaboratoriums samt dazugehörigen Sammlungen beschlossen. Ein solches Laboratorium für chemische Analysen im Bereich der Eisenhüttenkunde bestand damals nur in England und liess sich, wie Gustav Zeuner versicherte, «leicht nachahmen».³

Auf den Lehrstuhl wurde Adolf Ledebur, Leiter des Hochofen- und Giessereibetriebs des Eisenwerks in Gröditz, berufen. Noch 1875 begann er mit dem Aufbau des Eisenhüttenlaboratoriums und der Sammlungen, deren Einrichtung im Gegensatz zum Laboratorium selbstverständlich war. Die meisten Objekte erhielt Ledebur als Geschenk von Hüttenbetrieben, Professoren, Studierenden und Privatpersonen. Neben Erzen, Hüttenprodukten, Werkzeugen sowie Biege- und Zerreißproben umfasste das Sammlungsspektrum Alltagsgegenstände wie Metallspiegel, Nähadeln und Münzen. Hinzu kamen speziell angefertigte Zeichnungen sowie Modelle von Öfen und anderen Eisenhütteneinrichtungen, die Ledebur aus bereits bestehenden Sammlungen übernehmen konnte.⁴ Der Bestand mochte heterogen erscheinen, doch spiegelte er das vielfältige Wissen über Materialien und Produktionsabläufe wider, das die jungen Eisenhüttenleute benötigten. Die Objekte sollten die «verwickelten Herstellungsprozesse» mit all ihren Tücken veranschaulichen, weshalb in späteren Jahren ganz bewusst fehlerhafte Stücke gesammelt wurden. Da die Sammlungen vor allem für die Lehre gedacht waren, orientierte sich Ledebur bei der Ordnung der Objekte an seinen Lehrgebieten Eisenhüttenkunde und mechanisch-metallurgische Technologie. Die Sammlung für Eisenhüttenkunde enthielt die Rohstoffe und



Die Sammlung für Eisenhüttenkunde (um 1900).

(Quelle: Königliche Bergakademie (Hg.): Die Königlich Sächsische Bergakademie zu Freiberg und die Königlich geologische Landesanstalt nebst Mitteilungen über die Entwicklung und den Stand des Berg- und Hüttenwesens und der Bergpolizei im Königreiche Sachsen, Freiberg 1904)

Erzeugnisse sowie verschiedene Modelle. In der Sammlung für mechanisch-metallurgische Technologie befanden sich die Werkzeuge für die Metallbearbeitung sowie Proben von Metallen und Legierungen.

Die Sammlungen wuchsen schnell. Bereits Anfang der 1880er-Jahre litt das Eisenhüttenlaboratorium unter akuter Raumnot. Etliche Objekte fanden in den Räumen keinen Platz mehr und mussten auf den Korridor ausgelagert werden. Die Sammlungen wurden zum schlagenden Argument für eine Erweiterung des Laboratoriums: «Die Unzulänglichkeit und Bauauffälligkeit der für die Zwecke des Eisenhütten-Laboratoriums vorläufig benutzten Räume ist bereits wiederholt anerkannt worden und macht sich von Jahr zu Jahr in Folge des Anwachsens der Sammlungen für Eisenhüttenkunde und metall. Technologie fühlbarer. Eine erhebliche Vergrösserung dieser Sammlungen ist thatsächlich vorerst wegen Mangel an Raum unmöglich.»⁵ In einer knappen Skizze hielt Ledebur den Raumbedarf für das Eisenhüttenlaboratorium fest. Für die beiden Sammlungen veranschlagte er je 50 qm. Dies entsprach zusammen knapp einem Drittel der kalkulierten Gesamtfläche. Als die Bergakademie 1888 ein zusätzliches Gebäude er-

hielt, bezog die Eisenhüttenkunde die unteren beiden Etagen und verfügte somit über die grössten und modernsten Räumlichkeiten der Bergakademie.

Über die Sammlungen knüpften sich zahlreiche Kontakte zwischen der Bergakademie und der betrieblichen Praxis. Ob Gruson oder Krupp, die Georgs-Marienhütte bei Osnabrück, die Königshütte in Schlesien, die Eisenwerke in Gröditz und Ilsenburg oder der Bochumer Verein für Bergbau und Gussstahlfabriken: Nahezu alle grösseren Eisenhütten und Stahlwerke übersandten in den ersten Jahren verschiedene Stahl- und Eisenproben für die Sammlungen. Für einige dieser «befreundeten Hüttenwerke» führte Ledebur später Materialanalysen durch, an fast alle vermittelte er Absolventen der Bergakademie. Ein besonders enger Erfahrungs- und Wissensaustausch bestand zwischen Ledebur und dem Leiter der Gussstahlfabrik Döhlen, Andreas Nägel. Die Proben, die von Döhlen nach Freiberg gesandt wurden, waren nicht nur für die Sammlungen bestimmt, sondern dienten Ledebur auch als Grundlage für seine Forschungen.

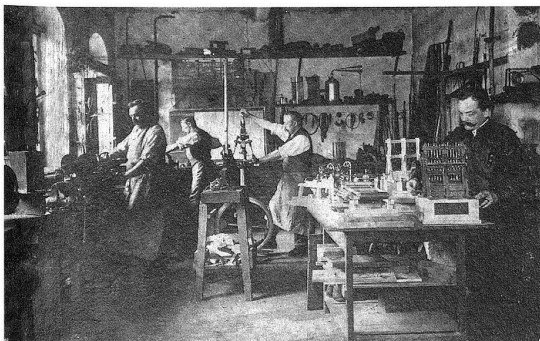
«Sinnliche Anschauung» und «praktisches Angreifen»

Vorbilder für den Aufbau eisenhüttenkundlicher Sammlungen gab es für Ledebur kaum. Gleichwohl konnte er sich an den verschiedenen Sammlungen orientieren, die bereits an der Bergakademie bestanden. Das Sammlungskonzept Ledeburs, das Rohstoffe, Produkte, Werkzeuge, Modelle und Zeichnungen in ebenso kontingenter wie gezielter Weise vereinigte, glich weitestgehend dem Konzept der metallurgischen Sammlung. Nachdem Hütten- und Ofenmodelle zunächst auf den Hüttenwerken in Halsbrücke gesammelt worden waren,⁶ drängte der sächsische Kunstmeister Christian Friedrich Brendel bereits 1831 aus didaktischen Gründen auf die Einrichtung einer eigenen Sammlung an der Bergakademie: «Nur durch Vorzeigung von Modellen [kann] allein in der kürzesten Zeit eine klare Ansicht vom Baue der Oefen, der Einrichtung der Gebläse und dergleichen gewonnen werden. Blosser wört-

liche Erklärung ohne sinnliche Anschauung werden bey Dingen dieser Art immer nur ein Sprechen ohne zureichenden Erfolg verbleiben. Modelle, wenn sie für den Lehrvortrag berechnet, also zum Auseinandernehmen eingerichtet sind, haben sogar mehr Werth als ihre Originale oder Vorbilder, bey denen sich bekanntlich nur das äussere Ansehen, nicht aber, wenn nicht gerade Reparaturen an ihnen vorkommen, die innere Einrichtung studieren lässt.»⁷ «Anschauung» mochte als philosophisches Prinzip vage und widersprüchlich sein. Als pädagogisches Konzept, das auf ein nonverbales, empirisches Verstehen von Zusammenhängen zielte, war der Begriff der «Anschauung» im 19. Jahrhundert disziplinübergreifend allgegenwärtig.⁸ Sammlungen waren damit nicht nur in Freiberg ein wichtiger Ort der wissenschaftlichen Ausbildung.

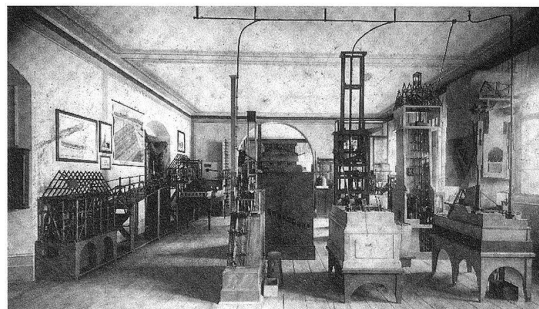
Um den Studierenden die «Anschauung» zu ermöglichen, mussten die Modelle stimmig sein. Nachdem es seitens der Professoren immer wieder zu Klagen über unvollständige Sammlungen und ungenau gearbeitete Modelle kam, richtete die Bergakademie im Studienjahr 1839/40 eine eigene Modellwerkstatt ein.⁹ Der dort angestellte Modellbauer fertigte die Modelle nicht nur nach Zeichnungen, sondern erhielt von den Professoren genaue Anweisungen zu den Konstruktionsverhältnissen.

Welche Stücke gefertigt und gesammelt werden sollten, blieb stets umstritten. In einer längeren Auseinandersetzung handelten Oberbergamt, Finanzministerium und Bergakademie in den 1840er-Jahren Richtlinien für die berg- und hüttenmännischen Sammlungen aus.¹⁰ Darin wurde bestimmt, dass Modelle nur von solchen Öfen und Maschinen anzufertigen seien, die ihre Funktionsfähigkeit und Nützlichkeit schon längere Zeit unter Beweis gestellt hatten. Während an den polytechnischen Schulen vor allem bestimmte Elementarteile und Bewegungsmechanismen von Maschinen als Modell gefertigt wurden, um die Studierenden zum kreativen Entwerfen neuer Kombinationen anzuregen,



Die Modellwerkstatt der Bergakademie Freiberg (um 1900).

(Quelle: Bibliothek der TU Bergakademie Freiberg)



Das Modellzimmer der Bergakademie (um 1900). Im Vordergrund die Modelle der Wassersäulenmaschinen.

(Quelle: Bibliothek der TU Bergakademie Freiberg)

sammelte die Bergakademie ausschliesslich Modelle von ganzen Maschinen.¹¹ Viele dieser Modelle waren entweder in ihre Einzelteile zerlegbar oder voll funktionsfähig. Ein eigens auf dem Dachboden über dem Modellzimmer installierter Wassertank versorgte die Modelle der Wassersäulenmaschinen mit dem nötigen Aufschlagwasser.¹²

Die Sammlungen der Bergakademie waren nicht auf Vollständigkeit angelegt. So erwarben zum Beispiel die geologischen Sammlungen hauptsächlich Proben und Stufen aus Sachsen, der Schwerpunkt der Modellsammlung lag auf der Technik des sächsischen Berg- und Hüttenwesens.¹³ Im Vordergrund stand nicht der vollständige Überblick oder die Vermittlung elementarer Mechanismen, sondern ein spezifisch regionales Wissen, das sowohl innerhalb als auch ausserhalb der Bergakademie gelehrt wurde. Sammlung und betriebliche Praxis ergänzten einander und konstituierten einen gemeinsamen Wissensraum, in dem verschiedene Wissensformen nebeneinander existierten. Entsprechend wurden vornehmlich Modelle von den Maschinen gefertigt, «die im Grossen schwer zugänglich und während ihrer Bewegung schwer zu erklären»¹⁴ waren. «Modelle von leicht zugänglichen, einfachen Apparaten, [haben] [...] den Nachtheil, dass sie die Studirenden in dem bequemen Wahne bestärken, als könnten sie Bergbau und Hüttenwesen im Modellzimmer studieren und brauchten um so weniger Gruben und Hütten zu besuchen. Denn es ist wohl eine alte Erfahrung: je bequemer man es den Studierenden beym Unterrichte macht, desto weniger werden sie genöthigt, selbst zu beobachten, selbst sich umzusehen, selbst zu denken.»¹⁵ Der Besuch von Gruben und Hütten war bis ins frühe 20. Jahrhundert ein zentrales Element der bergakademischen Ausbildung. Als Vorbereitungskurs oder studienbegleitend lernten die Studierenden die grundlegenden Arbeiten eines Berg- und Hüttenmanns. Angeleitet wurden sie dabei nicht nur von den Professoren, sondern von Steigern, älteren Arbeitern oder Hüttenoffizianten. In Form von schriftlichen Journalen oblag es den Studierenden dann selbst, das in der Praxis erworbene Wissen zu explizieren.

Für die Eisenhüttenkunde war die Lage deutlich weniger komfortabel als für die Hütten- oder Bergbaukunde, denn in der unmittelbaren Nähe von Freiberg existierten weder Eisenhütten noch Stahlwerke. Entsprechend liessen sich die Sammlungen nicht auf die in Sachsen verwendete Technik beschränken. Dennoch fungierten die Sammlungen auch in der Eisenhüttenkunde als Bindeglied zwischen Hochschule und Betriebspraxis, denn Ledebur hielt praktische Erfahrung für ein zentrales Element der Ausbildung. Diese Einstellung teilte er mit seinem Berliner Kollegen Hermann Wedding, der selbst in den 1850er-Jahren in Freiberg studiert

hatte. In einem kurzen Artikel zur Ausbildung von Eisenhüttenbeamten hob Wedding hervor: «Es genügt nicht, am Puddelofen zu stehen und in die Oeffnung zu schauen, durch welche von einem Arbeiter die Kratze bewegt wird, nein selbst die Kratze in die Hand nehmen, selbst kratzen, wie ein jeder Puddler es tut, das ist nicht nur zweckmässig, sondern unumgänglich nothwendig, wenn aus dem Jüngling ein brauchbarer Eisenhüttenbeamter werden soll.»¹⁶ Das körpergebundene, praktische Wissen wurde, trotz der zunehmenden Formalisierung des eisenmetallurgischen Wissens in Lehrbüchern und Fachzeitschriften und einer grundlegenden Ausbildung im chemischen Laboratorium, als wichtiger Teil der Eisenhüttenkunde betrachtet.

Neue Lern- und Wissensformen

Das Freiburger Unterrichtsmodell galt lange Zeit als vorbildlich und zog zahlreiche ausländische Studierende an die Bergakademie. In den 1860er- und 1870er-Jahren waren es vor allem amerikanische Studierende, die nach der Entdeckung grosser Gold- und Silbererzvorkommen im Westen der Vereinigten Staaten nach Freiberg kamen. Zur gleichen Zeit gründeten sich in den Vereinigten Staaten die ersten montanwissenschaftlichen Lehranstalten, die sich bei ihrer Einrichtung in einem gewissen Mass an den europäischen Bergakademien orientierten. Da die meisten der neuen Institute weit von den Bergbaugebieten entfernt lagen, schlug Robert Richards, Professor für Hüttenkunde am Massachusetts Institute of Technology vor, die Praxis in die Hochschule zu verlegen: «We cannot, in a small laboratory, build a mine to timber, to work, and to survey; [...] In short, we cannot study exploration; but we can study the mechanical preparation and the subsequent smelting of ores.»¹⁷ Auf Richards Initiative wurde die berg- und hüttenmännische Abteilung des Massachusetts Institute of Technology bereits Anfang der 1870er-Jahre mit grossen Laboratorien ausgestattet, die Maschinen der berg- und hüttenmännischen Praxis wie ein Pochwerk, verschiedene Öfen sowie Vorrichtungen für Amalgamierungsprozesse enthielten. Damit war den Studierenden die Gelegenheit gegeben, eigenständige Arbeiten zur Aufbereitung und Verhüttung von Erzen durchzuführen. Eingerichtet, um eine praxisnahe Ausbildung jenseits der Bergbaudistrikte zu ermöglichen, gewannen die Laboratorien auch für die Forschung schnell an Bedeutung und trieben so im letzten Drittel des 19. Jahrhunderts die Experimentalisierung der Technikwissenschaften voran.

Die neue experimentelle Methode veränderte die Wissensräume und Wissenspraktiken der Eisenhüttenkunde. Der Umgang mit den Maschinen und Öfen wurde nicht mehr durch Nachahmen im Betrieb erlernt, sondern musste im Laboratorium selbst erarbeitet werden: «By the method of experiment, the student learns how



Die Schausammlung im Hörsaal des Eisenhütteninstituts.

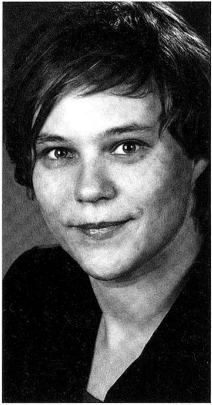
(Quelle: Das neue Eisenhütten-Institut der sächsischen Bergakademie Freiberg i. Sa., Dresden 1929)

to take hold of each problem as it presents itself, and carry it through the different stages until it is solved or the reason is discovered why it cannot be done satisfactorily. He is thus taught to observe closely, to make careful notes, to compare the results obtained, and draw his own inferences and conclusions, and finally, to report what he has done in clear and accurate language.»¹⁸ Das Laboratorium wurde zum zentralen Ort der Lehre und Forschung. Während die meisten deutschen Professoren nach der Weltausstellung in Chicago 1893 auf die Einführung von Maschinenlaboratorien an den deutschen Hochschulen drängten, waren sie für Adolf Ledebur nur ein unvollkommenes Abbild der Praxis, die Beschäftigung darin «doch mehr und minder [...] Spielerei».¹⁹ Die Auseinandersetzung, die in den 1890er-Jahren zwischen Ledebur und dem Assistenten des metallurgischen Laboratoriums des Massachusetts Institute of Technology, Heinrich Oscar Hofman, um den Nutzen der Laboratorien entbrannte, lässt sich jedoch nicht auf die gängige Formel eines Theorie-Praxis-Streits bringen.²⁰ Vielmehr definierte Hofman die Wissenschaft selbst als «Praxis» und zog damit die Grenze zwischen Hochschule und betrieblicher Praxis neu.

Das Ende der Sammlungen

Mit der Etablierung neuer Lehr- und Forschungslaboratorien an den Eisenhütteninstituten verloren die Sammlungen an Bedeutung. So besaß das neue Eisenhütten-Institut der Bergakademie, das im Wintersemester 1929/30 eröffnet wurde, neben verschiedenen Laboratorien auch eine metallurgische Halle sowie eine eigene Giesserei. Räumlichkeiten für die Sammlungen fanden sich im Neubau nicht mehr. Ein Teil der Erze, Schlacken und Stahlproben wurde als Schausammlung in den neuen Hörsaal integriert. Die Modelle von Öfen und Apparaten der Eisenhüttentechnik dienten den Studierenden fortan als Vorlage im Zeichensaal.

Die Entwicklung, die sich im ersten Drittel des 20. Jahrhunderts vollzog, spiegelt sich im heutigen Zustand der Sammlung. Während von den Zeichnungen, Modellen und Werkzeugen kaum noch etwas erhalten ist, ist die Schausammlung im Hörsaal weitgehend unverändert geblieben. Der teilweise noch unerschlossene Gesamtbestand wird auf rund 1000 Stücke geschätzt.



Nele-Hendrikje Lehmann

Nele-Hendrikje Lehmann hat in Frankfurt/Oder, Sevilla und Berlin Kulturwissenschaften und Geschichte studiert. Derzeit ist sie Mitarbeiterin am Institut für Industriearchäologie, Wissenschafts- und Technikgeschichte der TU Bergakademie Freiberg und promoviert dort mit einer Arbeit über die Geschichte der Bergakademie im Kaiserreich. Seit 2006 arbeitet sie zudem für die Edition der naturwissenschaftlichen, medizinischen und technischen Schriften von Gottfried Wilhelm Leibniz an der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften.

- ¹ Corinna Feigl (Hg.): *Schaukästen der Wissenschaft. Die Sammlungen an der Universität Wien*. Wien 2012; Georg-August-Universität Göttingen (Hg.): *Dinge des Wissens. Die Sammlungen, Museen und Gärten der Universität Göttingen*. Göttingen 2012; Anke te Heesen, E. C. Spary: *Sammeln als Wissen. Das Sammeln und seine wissenschaftsgeschichtliche Bedeutung*. Göttingen 2002.
- ² Te Heesen, Spary, *Sammeln als Wissen* (wie Anm. 1).
- ³ Sächsisches Hauptstaatsarchiv Dresden, 10851 Finanzministerium, 2163, Bl. 121.
- ⁴ Universitätsarchiv der TU Bergakademie Freiberg (UAF), OBA 10664, Vol. VI, Bl. 59.
- ⁵ Ebd., OBA 830, Bl. 157.
- ⁶ Jörg Zaun: *Die Sammlung berg- und hüttenmännischer Modelle an der TU Bergakademie Freiberg*. In: *Res montanarum*, 45 (2008), S. 43–50.
- ⁷ UAF (wie Anm. 4), OBA 469, Bl. 82f.
- ⁸ Vgl. Eugene S. Ferguson: *Das innere Auge. Von der Kunst des Ingenieurs*. Basel 1993; Klaus Mauersberger: *Sammlungen und technische Bildung – die TU Dresden als Hort naturwissenschaftlicher und technischer Sammlungen*. In: Barbara Marx, Karl-Siegbert Rehberg: *Sammeln als Institution. Von der fürstlichen Wunderkammer zum Mäzenatentum des Staates*. München 2006, S. 273–286; Michael Mende: *Modelle und Zeichnungen. Anschaulichkeit als Prinzip in der Ausbildung der Maschinenlehre und Technologie während des 19. Jahrhunderts*. In: *Dresdner Beiträge zur Geschichte der Technikwissenschaften*, 23/2 (1994), S. 17–23; Herbert Mehrstens: *Mathematical Models*. In: Soraya de Chadarevian, Nick Hopwood: *Models. The third dimension of science*. Stanford 2004, S. 276–306, hier S. 292f.; Lynn K. Nyhart: *Science, Art, and Authenticity in Natural History Displays*. In: Soraya de Chadarevian, Nick Hopwood: *Models. The third dimension of science*. Stanford 2004, S. 307–335, hier S. 316f.
- ⁹ Zaun, *Die Sammlung* (wie Anm. 6), S. 45f.
- ¹⁰ Vgl. UAF (wie Anm. 4), OBA Bl. 1–7; Bl. 9f.
- ¹¹ UAF (wie Anm. 4), OBA 516, Bl. 4; Zu den polytechnischen Schulen vgl. Mauersberger, *Sammlungen* (wie Anm. 8), S. 276f.; Mende, *Modelle* (wie Anm. 8), S. 19.
- ¹² Vgl. Zaun, *Die Sammlung* (wie Anm. 6), S. 47.
- ¹³ UAF (wie Anm. 4), OBA 516, Bl. 4.
- ¹⁴ Ebd., OBA 516, Bl. 9.
- ¹⁵ Ebd., OBA 516, Bl. 9f.
- ¹⁶ Hermann Wedding: *Die praktische Erziehung des Eisenhüttenbeamten*. In: *Stahl und Eisen*, 9 (1889), S. 498–504, hier S. 499.
- ¹⁷ Robert H. Richards: *The Mining and Metallurgical Laboratories of the Massachusetts Institute of Technology*. In: *Transactions of the American Institute of Mining Engineers*, 1 (1871), S. 400–405, hier S. 400.
- ¹⁸ Heinrich Oscar Hofman: *German and American Mining Schools*. In: *The engineering and mining journal*, 63 (1897), S. 231–232, hier S. 232.
- ¹⁹ Adolf Ledebur: *Der Lehrgang für Bergbau- und Hüttenkunde am Massachusetts Institute of Technology zu Boston*. In: *Stahl und Eisen*, 17 (1897), S. 85–88, hier S. 88.
- ²⁰ Vgl. Hofman, *German* (wie Anm. 18); Heinrich Oscar Hofman: *The Equipment of Mining and Metallurgical Laboratories*. In: *Transactions of the American Institute of Mining Engineers*, 25 (1895), S. 301–327; Ledebur, *Der Lehrgang* (wie Anm. 19); Adolf Ledebur: *German and American Technical Schools*. In: *The engineering and mining journal*, 63 (1897), S. 376.