

**ENZYKLOPÄDIE  
DEUTSCHER  
GESCHICHTE  
BAND 79**

**ENZYKLOPÄDIE  
DEUTSCHER  
GESCHICHTE  
BAND 79**

**HERAUSGEGEBEN VON  
LOTHAR GALL**

**IN VERBINDUNG MIT  
PETER BLICKLE  
ELISABETH FEHRENBACH  
JOHANNES FRIED  
KLAUS HILDEBRAND  
KARL HEINRICH KAUFHOLD  
HORST MÖLLER  
OTTO GERHARD OEXLE  
KLAUS TENFELDE**

**TECHNIK UND  
WIRTSCHAFT  
IM 19. UND  
20. JAHRHUNDERT**

VON  
CHRISTIAN KLEINSCHMIDT

R. OLDENBOURG VERLAG  
MÜNCHEN 2007

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

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

© 2007 Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH, München  
Rosenheimer Straße 145, D-81671 München  
Internet: [www.oldenbourg.de](http://www.oldenbourg.de)

Das Werk einschließlich aller Abbildungen ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Bearbeitung in elektronischen Systemen.

Umschlaggestaltung: Dieter Vollendorf  
Umschlagabbildung: Volkswagenwerk Wolfsburg; Volkswagen AG  
Gedruckt auf säurefreiem, alterungsbeständigem Papier (chlorfrei gebleicht)  
Gesamtherstellung: Oldenbourg Druckerei Vertriebs GmbH & Co. KG, Kirchheim

ISBN-13: 978-3-486-58030-3 (brosch.)  
ISBN-10: 3-486-58030-2 (brosch.)  
ISBN-13: 978-3-486-58031-0 (geb.)  
ISBN-10: 3-486-58031-0 (geb.)

# Vorwort

Die „Enzyklopädie deutscher Geschichte“ soll für die Benutzer – Fachhistoriker, Studenten, Geschichtslehrer, Vertreter benachbarter Disziplinen und interessierte Laien – ein Arbeitsinstrument sein, mit dessen Hilfe sie sich rasch und zuverlässig über den gegenwärtigen Stand unserer Kenntnisse und der Forschung in den verschiedenen Bereichen der deutschen Geschichte informieren können.

Geschichte wird dabei in einem umfassenden Sinne verstanden: Der Geschichte der Gesellschaft, der Wirtschaft, des Staates in seinen inneren und äußeren Verhältnissen wird ebenso ein großes Gewicht beigemessen wie der Geschichte der Religion und der Kirche, der Kultur, der Lebenswelten und der Mentalitäten.

Dieses umfassende Verständnis von Geschichte muss immer wieder Prozesse und Tendenzen einbeziehen, die säkularer Natur sind, nationale und einzelstaatliche Grenzen übergreifen. Ihm entspricht eine eher pragmatische Bestimmung des Begriffs „deutsche Geschichte“. Sie orientiert sich sehr bewusst an der jeweiligen zeitgenössischen Auffassung und Definition des Begriffs und sucht ihn von daher zugleich von programmatischen Rückprojektionen zu entlasten, die seine Verwendung in den letzten anderthalb Jahrhunderten immer wieder begleiteten. Was damit an Unschärfen und Problemen, vor allem hinsichtlich des diachronen Vergleichs, verbunden ist, steht in keinem Verhältnis zu den Schwierigkeiten, die sich bei dem Versuch einer zeitübergreifenden Festlegung ergäben, die stets nur mehr oder weniger willkürlicher Art sein könnte. Das heißt freilich nicht, dass der Begriff „deutsche Geschichte“ unreflektiert gebraucht werden kann. Eine der Aufgaben der einzelnen Bände ist es vielmehr, den Bereich der Darstellung auch geographisch jeweils genau zu bestimmen.

Das Gesamtwerk wird am Ende rund hundert Bände umfassen. Sie folgen alle einem gleichen Gliederungsschema und sind mit Blick auf die Konzeption der Reihe und die Bedürfnisse des Benutzers in ihrem Umfang jeweils streng begrenzt. Das zwingt vor allem im darstellenden Teil, der den heutigen Stand unserer Kenntnisse auf knappstem Raum zusammenfasst – ihm schließen sich die Darlegung und Erörterung der Forschungssituation und eine entsprechend gegliederte Aus-

wahlbibliographie an –, zu starker Konzentration und zur Beschränkung auf die zentralen Vorgänge und Entwicklungen. Besonderes Gewicht ist daneben, unter Betonung des systematischen Zusammenhangs, auf die Abstimmung der einzelnen Bände untereinander, in sachlicher Hinsicht, aber auch im Hinblick auf die übergreifenden Fragestellungen, gelegt worden. Aus dem Gesamtwerk lassen sich so auch immer einzelne, den jeweiligen Benutzer besonders interessierende Serien zusammenstellen. Ungeachtet dessen aber bildet jeder Band eine in sich abgeschlossene Einheit – unter der persönlichen Verantwortung des Autors und in völliger Eigenständigkeit gegenüber den benachbarten und verwandten Bänden, auch was den Zeitpunkt des Erscheinens angeht.

Lothar Gall

# Inhalt

Vorwort des Verfassers . . . . .	XI
<i>I. Enzyklopädischer Überblick.</i> . . . . .	1
1. Technische Innovationen, Mechanisierung und Maschinerisierung in der Frühindustrialisierungsphase Ende des 18. bis Mitte des 19. Jahrhunderts . . . . .	1
1.1 Einleitung . . . . .	1
1.2 Leitsektor Textilindustrie . . . . .	3
1.3 Leitsektoren Schwerindustrie und Maschinenbau . . . . .	4
1.4 Querverbindungen zur Chemieindustrie . . . . .	10
1.5 „Städtetechnik“ und Infrastruktur . . . . .	13
2. Übergang zur Massenproduktion und Großindustrie (1850–1914/18) . . . . .	16
2.1 „Economies of scale“ und „economies of speed“ . . . . .	16
2.2 „Economies of scope“ und Verbundwirtschaft . . . . .	19
2.3 Anfänge wissenschaftlicher Betriebsführung . . . . .	23
2.4 Information, Kommunikation, Mobilität . . . . .	26
3. Das Zeitalter der Rationalisierung und Autarkiewirt- schaft (1918–1945). . . . .	32
3.1 Voraussetzungen nach dem Ersten Weltkrieg . . . . .	32
3.2 Überbetriebliche Rationalisierungsbewegung . . . . .	33
3.3 Betrieblich-technische Rationalisierung . . . . .	35
3.4 Betrieblich-organisatorische Rationalisierung . . . . .	39
3.5 Betrieblich-soziale Rationalisierung . . . . .	42
3.6 „Fehlrationalisierung“ und „partielle Modernisie- rungseffekte“ . . . . .	45
3.7. Autarkiewirtschaft. . . . .	48
4. Technisierung und großtechnische Systeme (1945–2000) . . . . .	53
4.1 Wirtschaftliche und technologische Rekonstruktion . . . . .	53

4.2	Technisierung und „kleine Verbrauchertechnik“ . . .	59
4.3	Großtechnische Systeme . . . . .	65
II.	<i>Grundprobleme und Tendenzen der Forschung</i> . . . . .	75
1.	Technikgenese, Technikrisiken, Technikfolgen . . . . .	75
2.	Technik und Staat, Technikpolitik. . . . .	79
3.	Technikforschung und -entwicklung . . . . .	93
4.	Technik und Bildung, Wissen und Informationen. . . . .	99
5.	Technokratie und Ingenieure . . . . .	102
6.	Technologietransfer . . . . .	107
7.	Technikpräsentation, Gewerbe- und Industrie- ausstellungen . . . . .	112
8.	Technikvisionen, technische Leitbilder und das Scheitern technischer Projekte . . . . .	115
9.	Technik und Arbeit . . . . .	119
10.	Technikkonsum, Technik und Alltag . . . . .	124
11.	Technik und Umwelt . . . . .	129
12.	Technische Denkmäler, Industriearchäologie, Industriekultur . . . . .	134
13.	Technikgeschichte . . . . .	139
III.	<i>Quellen und Literatur</i> . . . . .	145
A.	Gedruckte Quellen . . . . .	145
B.	Literatur . . . . .	145
1.	Übergreifende Einzel-, Sammel- und Gesamt- darstellungen. . . . .	145
2.	Technikgenese, Technikfolgen, Technikrisiken . . . . .	146
3.	Technik und Staat, Technikpolitik . . . . .	150
4.	Technikforschung und -entwicklung . . . . .	155
5.	Technik und Bildung, Wissen und Informationen. . . . .	158
6.	Technokratie und Ingenieure . . . . .	160
7.	Technologietransfer . . . . .	162
8.	Technikpräsentation, Gewerbe- und Industrie- ausstellungen. . . . .	163
9.	Technikvisionen, technische Leitbilder und das Scheitern technischer Projekte. . . . .	164
10.	Technik und Arbeit . . . . .	165
11.	Technikkonsum, Technik und Alltag . . . . .	169
12.	Technik und Umwelt. . . . .	171

---

13. Technische Denkmäler, Industriearchäologie, Industriekultur . . . . .	173
14. Technikgeschichte . . . . .	176
Register. . . . .	177
Themen und Autoren. . . . .	186



## Vorwort des Verfassers

Technik und Wirtschaft sind zwei Bereiche, die eng miteinander verknüpft sind. Technik bezeichnet nach Günter Ropohl die Menge der nutzenorientierten, künstlichen, gegenständlichen Artefakte, aber auch die Menge menschlicher Handlungen und Einrichtungen, in denen Artefakte entstehen oder verwendet werden. Unter Wirtschaft verstehen wir die Handlungen und Institutionen, die mit der Produktion, Distribution und Konsumtion von Gütern und Dienstleistungen zu tun haben. Ziel ist es, über knappe Mittel so zu verfügen, dass sich die menschlichen Bedürfnisse befriedigen lassen. Und dabei spielt Technik eine zentrale Rolle. Deren Bedeutung für die wirtschaftliche Entwicklung in Deutschland im 19. und 20. Jahrhundert soll in diesem Band näher betrachtet werden. Dabei soll ein möglichst breites Spektrum, von der Technikgenese über die Rolle des Staates bei der technischen und wirtschaftlichen Entwicklung, Fragen von Technik und Bildung, des Technologietransfers und der Technikpräsentation bis hin zum Verhältnis von Technik und Arbeit, des Technikkonsums und Aspekten der Umweltgeschichte, abgedeckt werden. Dass trotz des Überblickscharakters dabei Schwerpunkte gesetzt bzw. bestimmten Themenbereichen wie etwa die Agrar- oder die Medizintechnik sowie die Kommunikationstechnik im Vergleich zu anderen Aspekten eine untergeordnete Rolle zukommt, ist der exemplarischen Herangehensweise historischer Darstellung – auch im Falle von Überblicksliteratur – geschuldet. Gleichzeitig sollen mit diesem Band die bisherigen, inhaltlich benachbarten Werke der Enzyklopädie deutscher Geschichte um das Thema „Technik“ bzw. „Technikgeschichte“ ergänzt werden. Die bislang erschienenen Titel, die sich mit der wirtschaftlichen Entwicklung auseinandersetzen, konzentrieren sich auf Fragen des Gewerbes und der Industrie, der Agrarwirtschaft oder auf das Verhältnis zwischen Staat und Wirtschaft. Das Begriffspaar „Technik und Wirtschaft“ soll – in dieser Reihenfolge – signalisieren, dass der technischen Entwicklung in diesem Band eine besondere Aufmerksamkeit gewidmet ist, wobei der methodische Ansatz einem integrativen Konzept der technik-, wirtschafts-, sozial- und kulturwissenschaftlichen Betrachtung verpflichtet ist. Insbesondere im zweiten Teil der „Grundprobleme und Tendenzen der Forschung“ liegt

der Schwerpunkt dieses Bandes auf technikhistorischen Zusammenhängen und versteht sich gerade dadurch als Ergänzung inhaltlich verwandter EdG-Bände.

Für inhaltliche Anregungen, Korrekturen und weiterführende Hinweise möchte ich mich herzlich bei Dr. Dietmar Bleidick, Dr. Eckhard Schinkel, Prof. Dr. Wolfhard Weber und Prof. Dr. Dieter Ziegler bedanken. Zugleich gilt mein Dank dem Hauptherausgeber der Enzyklopädie deutscher Geschichte und Betreuer dieses Bandes, Prof. Dr. Lothar Gall, für Hinweise und Korrekturen sowie Frau Gabriele Jaroschka vom Oldenbourg Verlag für die hilfreiche, intensive und umsichtige Lektoratsbetreuung.

Christian Kleinschmidt, Dortmund, im Mai 2006

# I. Enzyklopädischer Überblick

## 1. Technische Innovationen, Mechanisierung und Maschinisierung in der Frühindustrialisierungsphase Ende des 18. bis Mitte des 19. Jahrhunderts

### 1.1 Einleitung

Der Zeitraum der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts bezeichnet für zahlreiche deutsche Territorien den Übergang von der Protoindustrialisierung zur Frühindustrialisierung. Eine wesentliche Voraussetzung dafür bildeten technische Innovationen in unterschiedlichen Gewerbezweigen, die sich gegenseitig ergänzten und in ihrer Wirkung verstärkten und die einen Schub der Mechanisierung und Maschinisierung auslösten, der nicht nur quantitativ, sondern auch qualitativ den Übergang in einen neuen Zeitabschnitt markierte. Ein wesentliches Charakteristikum der technischen Innovationen dieses Zeitraums ist der massenhafte Übergang von der „Hand-Werkzeug-Technik“ zur „Maschinen-Werkzeug-Technik“ (Akos Paulinyi). Der Begriff „Technik“ beschreibt zunächst die Menge aller Artefakte und Verfahren, die der Umgestaltung der Natur für die Zwecke des Menschen dienen und die zur Lösung von Problemen in ökonomisch verwertbaren Leistungen beitragen. Die in der Natur vorgefundenen und gewonnenen Stoffe werden dabei von Menschen durch technische Handlungen umgestaltet und umgeformt. In der Epoche der „Hand-Werkzeug-Technik“ erfolgte die Mehrheit dieser technischen Handlungen unter Mithilfe von Hand-Werkzeugen, wobei auch im Zeitalter der Protoindustrialisierung zwischen dem Spätmittelalter und dem 18. Jahrhundert Verbesserungen, Optimierungen und Diversifizierungen der Hand-Werkzeug-Technik und Mechanisierungsprozesse stattfanden. Aber erst im Gefolge der sozialen und ökonomischen Veränderungen zunächst in Großbritannien als der „first industrial nation“ und dann auch in anderen westeuropäischen Staaten kam es in zahlreichen Gewerbezweigen zum Einsatz von Maschinen und damit zum Prozess der „Maschinisierung technischer Handlungen“, die dann den Übergang zur „Maschinen-Werkzeug-Technik“ einleiteten.

„Hand-Werkzeug-Technik“

„Maschinen-Werkzeug-Technik“

Damit ist ein zweites wichtiges Charakteristikum des Industrialisierungsprozesses in Deutschland angesprochen, nämlich die externen Einflüsse auf die technische Entwicklung, der transnationale Wissenstransfer als Impulsgeber für den dynamischen Wirtschaftsaufschwung. Neben Großbritannien übernahmen hier die westeuropäischen Staaten, das spätere Belgien und Frankreich, eine „Leitbildfunktion“ (M. Dierkes). Die externen Leitbilder wurden in die nationalen bzw. auch regionalen gesellschaftlichen und ökonomischen Rahmenbedingungen integriert bzw. angepasst, wobei es auch zur Ausbildung „nationaler deutscher Technikstile“ (J. Radkau) sowie zu hybriden Entwicklungen kam.

Technische Leitbilder übernahmen die Funktion der Zukunftsantizipation und sie bildeten ein Orientierungsangebot für das technisch wünsch- und machbare. Insofern sind technische Leitbilder auch Katalysatoren für Lern- und Innovationsprozesse. Innovationen bilden zugleich ein dritten Aspekt technisch-ökonomischer Entwicklung. Sie haben systemischen Charakter und sind das Ergebnis einer komplexen Interaktion zwischen verschiedenen Akteuren und Institutionen (Technik, Wirtschaft, Wissenschaften, Forschung, Bildung, Staat etc.). Technische Handlungen der Stoffumwandlung in einem Bereich bzw. Gewerbe- oder Industriezweig gelangen über Querverbindungen, personelle und institutionelle Kontakte und Vernetzungen in andere Bereiche und Industriezweige. Ökonomisch gesprochen wirken sich systemische Innovationsprozesse in Form von Kopplungsprozessen in vor- und nachgelagerten Produktionsstufen durch Synergieeffekte, durch Senkung von Transaktionskosten sowie durch die Ausnutzung der „economies of scope“ (Verbundvorteile, Synergieeffekte) aus. Joseph A. Schumpeter (1883–1950), auf den die neue Innovationstheorie zurückgeht und der damit auf eine enge Verknüpfung zwischen technischer und ökonomischer Entwicklung verwies, betrachtete Innovationen als „fundamentalen Antrieb, der die kapitalistische Maschine in Bewegung setzt und hält“. Dabei können Innovationen nicht nur als technische, sondern auch als soziale oder organisatorische Innovationen auftreten. Technische Innovationen konzentrieren sich auf neuartige technische Problemlösungen, die u. a. als Produktinnovationen oder als Prozessinnovationen, also durch neuartige Faktorkombinationen in Form neuer Verfahren oder Methoden, auftreten können. Darüber hinaus wird zwischen Basisinnovationen als radikalem technischen Fortschritt sowie inkrementalem Fortschritt als Ausdruck einer evolutorischen, kleinschrittigen Entwicklung (auch als Folge- und Verbesserungsinnovationen bezeichnet) unterschieden. Entscheidend ist die Anwendung und Ausbreitung sowie die Diffusion der Neuerungen, die dann, nicht zu

Technische  
Leitbilder

Innovations-  
prozesse

letzt aufgrund ihres systemischen Charakters und komplexer Interaktionen, positive Effekte für die gesamte Volkswirtschaft nach sich ziehen können.

## 1.2 Leitsektor Textilindustrie

Ausgangspunkt wichtiger Innovationen für den Zeitraum der Frühindustrialisierung war gegen Ende des 18. Jahrhunderts die Textilindustrie. In der englischen Textilindustrie kam es erstmals zum massenhaften Einsatz von Arbeitsmaschinen zur Stoffumwandlung. Die von dem Engländer Richard Arkwright (1732–1792) entwickelte „water-frame“ stellte die erste auf Wasserradantrieb basierende Spinnmaschine dar, die seit 1771 in Cromford-Mill arbeitete. Die Baumwollspinnerei bildete damit Ende des 18./Anfang des 19. Jahrhunderts die führende Sparte der gesamten Textilindustrie. Durch die Übernahme dieser in England entwickelten Technologie durch den Kaufmann Johann Gottfried Brügelmann (1750–1802) gelang im Herzogtum Berg bereits im Jahr 1783 auch in Deutschland der Durchbruch zur modernen Maschinenspinnerei und damit der Übergang zur Industrialisierung. Brügelmann stammte aus einer Leinen-, Garn- und Webwarenhändlerfamilie, die im Rahmen protoindustrieller Verhältnisse die von den Textilproduzenten hergestellten Waren verkaufte. Typisch für die protoindustrielle Produktionsweise war die Trennung der Produktions- von der Handelssphäre. Die eigentlichen, formal meist selbständigen Produzenten (im Textilgewerbe z. B. Weber oder Spinner) verarbeiteten das Rohmaterial im Auftrag von Kaufleuten (Kaufsystem oder Verlagssystem), die das fertige Endprodukt dann wiederum auf den Markt brachten. Gegen Ende des 18. Jahrhunderts drängten Kaufleute in unterschiedlichen Gewerbezweigen von der Sphäre des Handels auch in den Produktionsbereich, so dass im Sinne integrierter Unternehmen Produktion und Absatz in einer Hand lagen. Mit der Gründung der Maschinenspinnerei, die Brügelmann nach dem englischen Vorbild in der Nähe von Ratingen „Cromford“ nannte, gelang der Schritt von der Sphäre des Handels in die Produktionssphäre, vom Kaufmann zum Produzenten. Neben der Cromforder Fabrik baute Brügelmann schließlich eine weitverzweigte Textilproduktion auf. Das technische Know-how stammte zu einem Großteil aus England. Englandreisen und der Transfer technischen Wissens (legal oder z.T. auch illegal in Form von Industriespionage) oder auch die Beschäftigung englischer Facharbeiter und Ingenieure waren ein wesentlicher Faktor beim Übergang von der textilen „Hand-Werkzeug-Technik“ zur „Maschinen-Werkzeug-Technik“.

Textilindustrie

Protoindustrie

### 1.3 Leitsektoren Schwerindustrie und Maschinenbau

Maschinenbau

Die Entwicklungen in der Textilindustrie, die Übernahme ausländischer Technologien und der Schritt zur „Maschinisierung“ führten dann dazu, dass auch die Herstellung der Maschinen selbst, also die Herstellung von Teilen aus Holz bzw. zunehmend auch aus Eisen und anderen Metallen, mit Hilfe Maschinen bewerkstelligt wurde. Die „Maschinen-Werkzeug-Technik“ fand somit bei der Herstellung von Werkzeugmaschinen Anwendung und markiert die Anfänge des Maschinenbaus. Im Mittelpunkt dabei stand die Dampfmaschine, die wiederum als wichtigster Energieumwandler von den technischen Fortschritten im Bereich des Bergbaus und der Eisen- und Stahlindustrie profitierte.

Bergbau

Der Steinkohlenbergbau als Rohstoff- und Energielieferant für die Eisen- und Stahlindustrie, für die Textilindustrie, Glashütten, Ziegeleien etc. sollte sich zu einem der wichtigsten Industriezweige und damit als Motor der Industrialisierung in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts entwickeln und zugleich Holzkohle und Wasserkraft als führende Energieträger nach und nach ablösen. Die technische Entwicklung verlief nicht einheitlich, sondern war neben geographischen und geologischen Gegebenheiten abhängig von ökonomischen und rechtlichen Faktoren. So bestand in deutschen Territorien eine lange Tradition des staatlichen Einflusses auf den Bergbau, der in der Form des Direktionsprinzips bis 1851/65 in Preußen eine staatliche Lenkung des Bergbaus bedeutete, unternehmerische Eigeninitiative und -verantwortung weitgehend unterband und damit auch technische Innovationen unter die Direktive des Staates stellte. In den großen Bergbaugebieten wie dem Ruhrgebiet, Oberschlesien und der Saar verlief die Entwicklung jedoch sehr unterschiedlich. Während im Ruhrgebiet der staatliche Einfluss bis zur Liberalisierung des Bergrechts einheitlich war und auch an der Saar der Staatsbergbau dominierte, existierten in Oberschlesien fiskalische und privatrechtlich betriebene Gruben nebeneinander. Die technische Entwicklung im Steinkohlenbergbau verlief in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts vergleichsweise langsam und bewegte sich in zahlreichen Bergwerken kaum über den Stand des 16./17. Jahrhunderts hinaus. Erst die wachsende Nachfrage nach Steinkohle durch die unterschiedlichen Gewerbe sowie die Erschließung neuer Märkte u. a. in Folge der Einheitsbestrebungen im Zollwesen (Deutscher Zollverein 1834), der Abbau der Hemmnisse im Binnenverkehr oder auch die Unabhängigkeit Belgiens (1830) führten zu einer Steigerung der Montanproduktion allein zwischen 1800 und 1835 um 140%.

Wesentliche technische Innovationen im Zeitraum bis Mitte des 19. Jahrhunderts waren der Übergang vom Stollen- zum Tiefbau, die Einführung der Dampfmaschine sowie die Verbesserung der Transport- und Fördermöglichkeiten. Bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts wurde, nicht zuletzt aufgrund der staatlich geregelten Bergordnung, Bergbau vornehmlich als Stollenbau betrieben, wobei die Bergbehörden genaue Vorschriften und Auflagen für den Betrieb der Grubenbaue machten. Um den wachsenden Kohlenbedarf seit Beginn des 19. Jahrhunderts zu befriedigen, mussten schließlich immer tiefere Stollen angelegt und immer längere Strecken aufgebracht werden. Der Übergang vom Stollen zum Tiefbau infolge der oberflächennahen Erschöpfung der Kohlevorkommen erfolgte fließend, indem die bestehenden Stollen durch Seigerschächte (seiger = senkrecht) verbunden wurden. In einigen Regionen wie der Ruhr bestand das Problem, dass ein Großteil der Kohlevorkommen durch ein Deckgebirge mit dicker Mergelschicht abgetrennt und durch den Stollenbau nicht zu erschließen war. Mit dem Übergang zu Tiefbauschächten und infolge der Durchbrechung der Mergelschicht Mitte der 1830er Jahre konnten dann auch die reichen Flöze in größeren Tiefen erschlossen werden. Dabei stellte sich allerdings das Problem der Wasserhaltung, das nicht mehr wie noch im Stollenbergbau mit Hilfe so genannter Erbstollen (zur Entwässerung) und Göpel bewältigt werden konnte.

Tiefbau

An dieser Stelle kam erstmals die Dampfmaschine zum Einsatz. In Großbritannien hatte schon seit der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts die Dampfmaschine erfolgreich die Wasserhaltung im Steinkohlenbergbau geregelt. Da ein Export englischer Technologie ebenso verboten war die Abwerbung von Dampfmaschinenkonstrukteuren, brachten deutsche Ingenieure und Unternehmer auf illegalem Wege seit Ende des 18. Jahrhunderts Pläne und Konstrukteure nach Deutschland, was einer frühen Form der Industriespionage gleichkam. So übernahm schließlich der oberschlesische Bergbau eine Pionierfunktion bei der Nutzung der Dampfkraft nach dem Watt'schen Modell. Es war jedoch nicht der Steinkohlenbergbau, sondern der Bleibergbau im oberschlesischen Tarnowitz, wo die Dampfmaschine ihren Durchbruch erlebte, gefolgt vom Einsatz der ersten Dampfpumpe in Westdeutschland auf der Saline Königsborn bei Unna im Jahr 1798. Beim ersten Einsatz einer Dampfmaschine im Ruhrbergbau wurde einmal mehr der staatliche Einfluss in diesem Industriezweig deutlich. Auf Initiative von Heinrich Friedrich Karl Reichsfreiherr vom und zum Stein (1757–1831, ab 1784 Direktor des Bergamtes bzw. ab 1794 des Oberbergamtes in Wetter an der Ruhr) wurde auf der Zeche „Vollmond“ in Langendreer bei Bo-

Pionier Großbritannien

Dampfmaschine

chum im Jahr 1801 die erste Dampfmaschine in Betrieb genommen. Im Jahr 1816 waren dann 12, 1843 schließlich 95 Dampfmaschinen in Betrieb. Nachdem sie sich als Wasserhaltungsmaschine erfolgreich bewährt hatte, wurde die Dampfmaschine auch zur Kohlenförderung genutzt. Bis Ende des 18. Jahrhunderts dominierte dort die Handarbeit mit Hilfe von Haspeln, die dann ab 1790 allmählich und ebenfalls auf Initiative des Freiherren vom Stein durch Pferdegöpel abgelöst wurde. Im Jahr 1839 wurde die erste Dampffördermaschine auf der Zeche Neu-Wülfingsburg bei Volmarstein in Betrieb genommen.

#### Innovationsketten

Der Tiefbau zog weitere Innovationen nach sich, so dass man in diesem Zusammenhang von Folgeinnovationen bzw. regelrechten Innovationsketten sprechen kann. Mit zunehmender Förderung und steigendem Gewicht der Fördergefäße und parallel zur Entwicklung in der Stahlindustrie führte die Nutzung von Drahtseilen zur Ablösung der traditionellen Hanftaue, was wiederum eine Förderung aus größeren Teufen ermöglichte. Während die eigentliche Abbauarbeit, das Herausbrechen der Kohle, noch bis in die ersten beiden Jahrzehnte des 20. Jahrhunderts von Hand mit Schlägel und Eisen erfolgte, führten wiederum Entwicklungen in der Eisen- und Stahlindustrie dazu, den Transport unter Tage sowie den Abtransport der Kohle über Tage zu beschleunigen und zu effektivieren. Die Förderwagen unter Tage wurden zunächst auf Holzplanken, später auf hölzernen Schienen und schließlich auf Eisenschienen bewegt, deren Installation sich aufgrund der hohen Kosten erst ab Mitte des 19. Jahrhunderts ausbreitete. Übertage setzten sich ab den 1820er Jahren Pferdeschienenbahnen durch, die dann mit der Entwicklung der Dampfmaschine ab den 1840er Jahren allmählich auch auf diesem Gebiet von der neuen Technologie abgelöst wurden.

Die genannten Innovationen und Folgeinnovationen setzten sich nicht gleichzeitig im Steinkohlenbergbau durch, einige Betriebe blieben bis Ende des 19. Jahrhunderts beim Stollenbau und nutzten weiterhin traditionelle Technologien zum Abbau und Transport der Kohle. Doch dort, wo der Übergang zum Tiefbau, neue Formen der Förderung und des Transports sowie die maschinelle Ausstattung erhebliche Investitionskosten nach sich zogen, die von den zumeist als einzelne „Gewerkschaft“ organisierten Zechen nicht allein bewältigt werden konnten, schlossen sich diese zusammen, so dass sich technische und organisatorische Innovationen gegenseitig bedingten. Während im Ruhrgebiet und an der Saar schon seit Beginn des 19. Jahrhunderts der Übergang vom Stollen- zum Tiefbau aufgrund der geologischen Verhältnisse notwendig war, lagen die Abbauverhältnisse in Oberschlesien

günstiger als in den beiden anderen Bergrevieren. Bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts waren dementsprechend die Produktionskosten in Oberschlesien deutlich niedriger als an Ruhr und Saar, während jedoch andererseits aufgrund der ungünstigen verkehrstechnischen Lage die Transportkosten höher lagen.

Am Beispiel der Dampfmaschine wie auch des Schienentransports werden zudem die engen Verknüpfungen zwischen dem (Steinkohlen-)Bergbau und der Eisen- und Stahlindustrie deutlich. Diese ergab sich u. a. aus der Ablösung der Holzkohle durch Steinkohle bzw. Koks als Rohstoff- und Energielieferant für die Eisen- und Stahlindustrie. Roheisen wurde in zahlreichen, vor allem holz- und wasserreichen Regionen wie der Eifel, dem Sauer- und Siegerland, dem Hunsrück, dem Bayerischen Wald, dem Erzgebirge, Oberschlesien, dem Harz und dem Thüringer Wald hergestellt. Auch wenn sich das Ruhrgebiet im Laufe des 19. Jahrhunderts zur wichtigsten schwerindustriellen Region Deutschlands entwickeln sollte, so kamen wichtige technische Innovationen in anderen Regionen erstmals zur Anwendung. 1796 wurde – wenn auch nicht dauerhaft – in Oberschlesien ein Kokskohlehochofen in Deutschland installiert. Wie im Steinkohlenbergbau waren es auch in diesem Falle die staatliche Initiative sowie englische Leitbilder, die die technischen Innovationen beförderten. Der bereits im Jahr 1709 von Abraham Darby entwickelte Kokskohlehochofen setzte sich jedoch aufgrund unterschiedlicher regionaler Rohstoffqualitäten der Einsatzstoffe Kohle (bzw. Koks), Eisenerz und Kalk sowie den mit den unterschiedlichen Mischungsverhältnissen zusammenhängenden technischen Folgeproblemen auf breiter Basis erst ab Mitte des 19. Jahrhunderts durch. Bis dahin importierte die deutsche Industrie Roheisen vornehmlich aus Großbritannien und Belgien. Wichtige Anreize zur Durchsetzung der Kokskohletechnologie bei Hochöfen lieferte dann der 1844 eingeführte Schutzzoll auf Roheisen, der das englische und belgische Roheisen vom deutschen Markt fernhalten und den Aufbau einer deutscher Roheisenindustrie fördern sollte.

Roheisen selbst war zur Weiterverarbeitung und zur Herstellung von Endprodukten aufgrund seines hohen Kohlenstoffgehaltes weitgehend ungeeignet. Es musste deshalb in einem zweiten Produktionsschritt mit Sauerstoff bzw. Luft angereichert („Frischen“) und der Kohlenstoffgehalt dadurch reduziert werden, um das Material formbar zu machen. Seit 1784 war auch auf diesem Gebiet die englische Industrie mit Hilfe des von Henry Cort (1740–1800) entwickelten Puddelverfahrens international führend. Beim „Puddeln“ (Verrühren des Roheisens durch Handarbeit mit langen Stahlstangen im Puddelofen) entstand

Eisen- und Stahlindustrie

Kokskohlehochofen

Puddelverfahren

hochwertiger Puddelstahl, der dann wiederum in einem weiteren Arbeitsgang geschmiedet oder ausgewalzt wurde. Puddelstahl eignete sich hervorragend zur Weiterverarbeitung von Schienen, wie sie dann als Grundlage der Transportwege im Bergbau und schließlich auch im allgemeinen Güter- und Personenverkehr im Zusammenhang mit der Dampfeisenbahn massenhaft zum Einsatz kamen. In Deutschland wurde das Puddelverfahren mit einer zeitlichen Verzögerung von vier Jahrzehnten erstmals mit belgischer Hilfe 1824 auf der Rasselsteiner Eisenhütte in Neuwied durch Christian Remy (1783–1861) eingeführt, gefolgt u. a. von Friedrich Harkorts Mechanischer Werkstätte bei Wetter an der Ruhr sowie anderen Ruhrgebietsunternehmen. Bis zur Jahrhundertmitte setzte sich das aus Großbritannien kommende Puddelverfahren als dominierendes Stahlherstellungsverfahren auch in Deutschland durch. An der Saar hielt es sich länger als in anderen schwerindustriellen Regionen Deutschlands, da die Verwendung phosphorhaltiger Minette für das ab Mitte der 1850er Jahre sich durchsetzende Bessemer-Verfahren ungeeignet war. Wichtige Zentren der Stahlherstellung waren neben dem Ruhr- und Saargebiet sowie dem Aachener Raum vor allem Oberschlesien, das jedoch aufgrund seiner Marktfürne auch auf diesem Gebiet einen relativen Bedeutungsverlust hinnehmen musste.

Bessemer-Verfahren

Ebenso wie das Roheisen war der Stahl noch kein fertiges Endprodukt und musste verformt, d. h. vergossen, geschmiedet oder gewalzt werden. Dabei setzte sich in zahlreichen Gebieten die Walztechnik als „Maschinen-Werkzeug-Technik“ gegenüber der „Hand-Werkzeug-Technik“ des Schmiedens durch, und auch dort kam schließlich die Dampfkraft zum Einsatz, und wiederum waren es englische Patente (1792 entwickelte John Wolkinson die erste Dampfmaschine zum Antrieb eines Walzgerüsts; 1820 erhielt J. Birkinshaw das Patent für das Walzen von Eisenbahnschienen), die diese Entwicklung in Deutschland, wenn auch mit zeitlicher Verzögerung, vorantrieben.

Die Dampfmaschine markierte eine Schnittstelle zum Maschinenbau, in dem Großbritannien ebenfalls eine technische Führungsrolle einnahm. Bei der Entwicklung moderner Werkzeugmaschinen spielte der Engländer Henry Maudslay (1771–1831) eine zentrale Rolle. Neben der Massenfertigung ging es dabei um die wiederholbare und passgenaue Fertigung von Maschinenteilen. Auf diese Weise entstanden gegen Ende des 18. Jahrhundert neben der Drehmaschine zahlreiche Spezialmaschinen und -werkzeuge zur Herstellung von Serienprodukten. Werkzeugmaschinen waren auf vielen Gebieten, insbesondere auch in der Eisen- und Stahlindustrie als Bohr-, Fräs-, Niet-, Stanz-, Biege- oder Schneidmaschinen im Einsatz, beim Eisenbahnbau ebenso wie

Werkzeugmaschinen

bei der Herstellung von Schiffsteilen oder beim Brückenbau. Werkzeugmaschinen spielten dann auch beim Bau von Dampfmaschinen eine Rolle, zunächst in Form von Einzweck-Werkzeugmaschinen wie der aus Großbritannien kommenden Zylinderbohrmaschine. Die serielle oder standardisierte Herstellung von Dampfmaschinen verzögerte sich jedoch zunächst. 1797 wurden bei Boulton & Watt in Soho erstmals komplette Dampfmaschinen produziert, wobei Einzweck-Werkzeugmaschinen zur Herstellung von Zylindern, Kolben, Kolbenstangen, Pumpen, Ventilsteuerungen etc. zum Einsatz kamen. Nach Deutschland gelangten die Informationen über den Stand des britischen Maschinenbaus wie im Falle der Bergbau-, Eisen- und Stahlindustrie über die Reisetätigkeit deutscher Unternehmer und Ingenieure wie etwa Christian Wilhelm Beuth (1781–1853), den Direktor der Königlichen Technischen Deputation für Handel und Gewerbe zu Berlin, oder auch Friedrich Harkort in Wetter an der Ruhr. Dieser bietet zudem ein Beispiel des Übergangs von der protoindustriell ausgerichteten Klein-eisenindustrie zur frühindustriellen Produktion. So trennte er sich Ende des 18. Jahrhunderts von seinen Sensenhämmern und orientierte sich zunehmend in Richtung Stahlherstellung, Weiterverarbeitung und Maschinenbau. Als Geldgeber fungierte bei der Gründung der Mechanischen Werkstätte der Elberfelder Bankier Johann Heinrich Daniel Kamp, der zudem noch einen englischen Ingenieur, Edward Thomas, in das Unternehmen mitbrachte. Harkorts Unternehmen produzierte Dampfmaschinen, Zylindergebläse, Wasserräder, Walzen, Stahlwaren etc., war also eng mit der sich entwickelnden Schwerindustrie des Ruhrgebiets verbunden. Andere Maschinebauregionen entwickelten sich in der Nähe landwirtschaftlicher Gebiete (Magdeburg) oder waren, wie etwa der Lokomotiv- und Waggonbau, deutlich standortunabhängiger als der Bergbau und die Eisen- und Stahlindustrie. Zentren des Lokomotivbaus entstanden dementsprechend u. a. in Sachsen (Hartmann), in Berlin (Borsig), in Württemberg (Maschinenfabrik Esslingen), in Hannover (Egestorff), in Bayern (Maffei) und in Kurhessen (Henschel).

Die Dampfmaschine selbst, häufig als „Motor der Industrialisierung“ bezeichnet, hatte zwar in den oben genannten Industriezweigen eine Schlüsselstellung im Industrialisierungsprozess, setzte sich aber mit unterschiedlicher Geschwindigkeit in den einzelnen Regionen Deutschlands durch. Es ist darauf hinzuweisen, dass kein technischer Zwang oder gar Automatismus zur Dampfmaschine führte (J. Radkau) und etwa im Mansfelder Kupferbergbau bis zum Jahr 1866 Pferdegöpel im Einsatz waren und Johann Dinnendahl 1837 den Dampfmaschine-

Reisen deutscher  
Unternehmer und  
Ingenieure