

Umweltgeschichte und Technikgeschichte am Beginn des 21. Jahrhunderts

Konvergenzen und Divergenzen

VON REINHOLD REITH

Ein Ziel der Tagung der Gesellschaft für Technikgeschichte 2008 galt der Reflexion des Selbstverständnisses bzw. der Selbstverständnisse der Technikgeschichte und ihrer Verortung in der Wissenschaftslandschaft.¹ Eine solche Positionierung kann nur mit Blick auf die Disziplinen erfolgen, mit denen die Technikgeschichte kooperiert und mit denen sie sich auseinandersetzt. Damit sind komplexe Beziehungen angesprochen: Es geht zum einen um die Beziehungen zu den historischen Teildisziplinen (und ihren Gegenstandsfächern), und es geht um die Beziehungen zur Geschichtswissenschaft als Mutterdisziplin. Wie verhält sich die Technikgeschichte zur Geschichtswissenschaft und vice versa? Das komplexe Gefüge wird noch etwas komplizierter, wenn wir nach den Konvergenzen und Divergenzen zwischen Technik- und Umweltgeschichte fragen. „Technik“ und „Umwelt“ sind Gegenstand der Geschichtswissenschaft, sie sind aber ebenso Gegenstand der Ingenieur- und Naturwissenschaften. Mit diesen Ausführungen ist kein trans- oder interdisziplinäres Konzept intendiert, sondern eine Retrospektive, die sich auf die Konvergenzen und Divergenzen zwischen Technik- und Umweltgeschichte konzentriert. Abschließend wird mit den „Stoffströmen“ ein Bereich vorgestellt, in dem die Konvergenz der Umwelt- und Technikgeschichte weiter entwickelt werden könnte.

Umweltpolitik und Umweltforschung

Versucht man in groben Zügen die Entwicklung der Umweltgeschichte nachzuzeichnen, so sind seit Beginn der 1980er Jahre Themen wie Umwelt, Natur, Umweltschutz und das Verhältnis des Menschen zur Natur bzw. Umwelt zunehmend Gegenstand von Tagungen und Sammelbänden geworden. Dabei erfassten die meisten Arbeiten die Umwelt über die Umweltmedien Boden, Wasser und Luft. Das Interesse an diesen Themen kann als Konsequenz des „take off“ des Umweltbewusstseins in den 1970er Jahren verstanden werden, die als umweltpolitische „Wendezeit“ begriffen werden. 1972 hatte die Studie des Club of Rome *The Limits to Growth* (*Die Grenzen des Wach-*

1 Es handelt sich bei diesem Beitrag um eine überarbeitete Fassung des Vortrags zur Wissenschaftlichen Jahrestagung der GTG in Salzburg 2008 zum Thema „Wo steht die Technikgeschichte? – Chancen und Herausforderungen zu Beginn des 21. Jahrhunderts“.

tums) prognostiziert: „Wenn die Zunahme der Weltbevölkerung, der Industrialisierung, der Umweltverschmutzung, der Nahrungsmittelproduktion und der Ausbeutung von natürlichen Rohstoffen unverändert anhält, werden die absoluten Wachstumsgrenzen auf der Erde im Laufe der nächsten hundert Jahre erreicht.“²

Themen wie Umweltverschmutzung und Ressourcenverknappung erreichten in den 1970er Jahren die Ebene der Politik. Nach einem kurzen Vorlauf hatte die Bundesregierung zu Beginn der 1970er Jahre ein Konzept der Umweltpolitik entwickelt. Nachdem das gesellschaftliche Klima für die Umweltpolitik zunächst günstig war, führten die Ölkrise und der mit ihr verbundene Wirtschaftseinbruch 1973 zu einem Rückschlag für die sich gerade erst etablierende Umweltpolitik. Ab Mitte der 1970er Jahre betonten Wirtschaft und Gewerkschaften die Priorität der ökonomischen und sozialen Bewältigung der Krise.³ Vor allem die forcierte Atomkraftpolitik bildete in der Folge ein grundsätzliches Konflikt- und Diskussionsfeld.⁴ In Österreich wurde zwar schon 1972 ein Bundesministerium für Gesundheit und Umwelt (BMGU) geschaffen, es blieb jedoch ohne Personal und Kompetenzen. Der Konflikt um das Atomkraftwerk Zwentendorf (1978 Volksabstimmung) brachte erheblichen Auftrieb für die Umweltbewegung. In der Umweltpolitik konnte erst 1985 ein Durchbruch erzielt werden.⁵

In der Bundesrepublik erfuhr die Umweltthematik eine parteipolitische Aufwertung, die an der 1980 erfolgten Bildung der „Grünen“ deutlich wird, denn in den 1970er Jahren stand die Umwelt – abgesehen von der FDP – nur in der zweiten Reihe der Programmpunkte der politischen Parteien.⁶ In den 1970er Jahren entstanden zudem Institutionen – wie das Umweltbundesamt Berlin (1974) nach dem Vorbild der US Environmental Protection Agency – und in deren Folge eine zunehmende Professionalisierung der Politikberatung.

- 2 Patrick Kupper, „Weltuntergangs-Vision aus dem Computer“. Zur Geschichte der Studie „Die Grenzen des Wachstums“ von 1972, in: Frank Uekötter u. Jens Hohensee (Hg.), *Wird Cassandra heiser? Die Geschichte falscher Ökoalarme*, Stuttgart 2004, S. 98-111, hier S. 100.
- 3 Karl Ditt, *Die Anfänge der Umweltpolitik in der Bundesrepublik Deutschland während der 1960er und frühen 1970er Jahre*, in: Matthias Freese, Julia Paulus u. Karl Teppe (Hg.), *Demokratisierung und gesellschaftlicher Aufbruch. Die sechziger Jahre als Wendezeit der Bundesrepublik*, Paderborn u.a. 2005, S. 305-347.
- 4 Joachim Radkau, *Aufstieg und Krise der deutschen Atomwirtschaft 1945-1975. Verdrängte Alternativen in der Kerntechnik und der Ursprung der nuklearen Kontroverse*, Reinbek b. Hamburg 1983.
- 5 Volkmar Lauber, *Geschichte der Politik zur Umwelt in der Zweiten Republik. Vom Nachzügler zum Vorreiter – und zurück?* in: Sylvia Hahn u. Reinhold Reith (Hg.), *Umwelt-Geschichte. Arbeitsfelder, Forschungsansätze, Perspektiven*, München u. Wien 2001, S. 181-203; Helmut Lackner, *Von Seibersdorf bis Zwentendorf. Die „friedliche Nutzung der Atomenergie“ als Leitbild der Energiepolitik in Österreich*, in: *Blätter für Technikgeschichte* 62, 2000, S. 201-226.
- 6 Ditt (wie Anm. 3), S. 331 u. 339.

Zusammen mit der universitären Wissenschaft brachte diese Institutionalisierung einen starken Impuls für den Aufschwung der Umweltforschung.

Divergenzen: Die Formierung der historischen Umweltforschung

In den 1980er Jahren zeichnet sich auch die Formierung der historischen Umweltforschung ab. Überblickt man die Literatur zur historischen Umweltforschung, so wird deutlich, dass Fragen des Umweltschutzes bzw. der Umwelthygiene dominierten und die historische Dimension einen starken Gegenwartsbezug hatte. Methoden und Ansätze verraten die Handschrift vieler Disziplinen. Bald schon wurden Diskussion über den disziplinären Charakter der Umweltgeschichte geführt und Ansätze disziplinärer Institutionalisierung verfolgt. Christian Pfister betonte 1989, die letzten Jahre hätten einen starken Zuwachs an „scholarship on historical interactions between human (social and economic) development and biosphere“ gebracht, und es sei in Europa an der Zeit, ein Netzwerk für den Informationsaustausch zu etablieren. Mit der Gründung einer „European Association for Environmental History“, die bis 1995 den *Environmental History Newsletter* herausgab, war ein erster Schritt getan. Mögliche Konzepte einer Umweltgeschichte deckten eine erhebliche Bandbreite ab: von zurückhaltenden Positionen, die die Einbeziehung solcher Fragestellungen in die Geschichtswissenschaft oder Teildisziplinen forderten, bis hin zur Konzeption einer Umweltgeschichte als Subdisziplin oder Disziplin mit „integrierter Multidisziplinarität“.⁷

Für die Geschichtswissenschaft war die Begegnung mit der Umweltthematik zunächst schwierig, da sie methodisch wenig gerüstet war. Neben den Menschen im Zentrum geschichtswissenschaftlicher Aufmerksamkeit trat nun auch die Natur bzw. die Umwelt als Gegenstand historischer Analyse. Die Geschichtswissenschaft war auch deshalb nicht gut gerüstet, da sie in der Tradition von J.G. Droysen (Historik) nur das als Quelle zuließ, „was die Spur von Menschengestalt und Menschenhand an sich trägt“. Sie hatte mit der Umweltgeschichte dann auch die Probleme, die sie anfangs mit der Sozialgeschichte gehabt hatte und die sowohl die Geschichtswissenschaft als auch die politisch orientierte bzw. finalisierte Sozialgeschichte mit der Alltagsgeschichte gehabt hat. Die Technikgeschichte hatte in dieser Hinsicht offenbar weniger Berührungsängste. Es verwundert daher nicht, dass die Impulse eher von Subdisziplinen wie der Sozialgeschichte (dann auch als Sozialgeschichte in Grün bezeichnet), aber auch von der Technikgeschichte ausgingen.

7 Einige der Konzepte wurden vorgestellt in: Christian Simon (Hg.), *Umweltgeschichte heute. Neue Themen und Ansätze der Geschichtswissenschaft, Beiträge für die Umweltwissenschaft*, Mannheim 1993. Ein kurzer Überblick über die Bandbreite der Ansätze bei Reinhold Reith, *Die Internalisierung der externen Effekte. Konzepte der Umweltgeschichte und der Wirtschaftsgeschichte*, in: Günter Bayerl u. Wolfhard Weber (Hg.), *Sozialgeschichte der Technik*. Ulrich Troitzsch zum 60. Geburtstag, Münster u. New York 1998, S. 15-24.

Die Wirtschaftsgeschichte tat sich zunächst ebenfalls schwer, da auch die Volkswirtschaftslehre „die äußeren Naturverhältnisse“ (die die Historische Schule der Nationalökonomie noch integrierte) nicht als Gegenstand des Faches betrachtete. Eine Einführung in das Fach von 1974 nennt z.B. Konjunktur, Wachstum, Industrialisierung, Markt, Raumwirtschaft, Integration, Geld und Produktion als wichtige Aspekte und Gegenstände der Theoriebildung. Begriffe wie natürliche Ressourcen, Umwelt, Natur, Rohstoffe und externe Effekte sind nicht zu finden.⁸ Umwelt war auch in Lehrbüchern zur Volkswirtschaftslehre nicht präsent. In Samuelsons *Economics* wurde zwar Ende der 1970er Jahre mit dem Entropie-Begriff ein Konzept aufgegriffen, das nicht aus dem traditionellen Instrumentenkoffer stammte und die Grundlage der ökologischen Ökonomie bilden sollte, doch dies war nur ein kurzes Intermezzo.⁹ Die klassische Nationalökonomie hatte noch mit dem Produktionsfaktor „Boden“ gearbeitet. Dieser verschwand im Kontext der Industriegesellschaft und wurde seit den 1970er Jahren von einigen Nationalökonominnen in Form der „Ressourcen“ restituiert.

Wolfgang Zorn gebührt das Verdienst, 1978 „das Zusammenspiel von Natur und Kultur, von Natur und Geist in der Vergangenheit der Menschheit (als) das eigentliche weite Thema der Wirtschafts- und Sozialgeschichte“ deklariert zu haben.¹⁰ Allerdings fiel der Wirtschaftsgeschichte die Annäherung weiterhin schwer, wenngleich – wie Radkau erinnerte – die „Verknappung der Ressourcen“ als Kernbereich der Wirtschaftsgeschichte reklamiert werden könne, denn der Umgang mit der Knappheit der Güter sei ein Leitmotiv der Verteilungssysteme.¹¹ Die Impulse kamen daher nicht aus dem mainstream, sondern aus der Umweltökonomie. Sie ging davon aus, dass Umwelt im ökonomischen Denken völlig vernachlässigt worden sei. Denn wirtschaftstheoretische Konzepte könnten Umwelt nicht integrieren, und Umweltprobleme könnten nur durch eine spezifische Begrifflichkeit (nach Cecil Pigou) als externe Effekte abgebildet werden, also als Effekte, die nicht durch den Markt erfasst werden. Mit einem solchen konzeptionellen Rahmen, so der Vorwurf, gelinge es der Wirtschaftstheorie nicht, die „Externalitäten“ zu integrieren.¹²

8 Wolfgang Zorn, Einführung in die Wirtschafts- und Sozialgeschichte des Mittelalters und der Neuzeit. Probleme und Methoden, München 1974².

9 Walter Scherrer, Umweltthemen im Ökonomie-Einführungslehrbuch. Ein Rückblick, in: Hahn/Reith (wie Anm. 5), S. 205-228, hier S. 226f.

10 Wolfgang Zorn, Ansätze und Erscheinungsformen des Umweltschutzes aus sozial- und wirtschaftshistorischer Sicht, in: Jürgen Schneider (Hg.), Wirtschaftskräfte und Wirtschaftswege. Festschrift für Hermann Kellenbenz, Bd. 4, Stuttgart 1978, S. 707-723, hier S. 707.

11 Joachim Radkau, Technik und Umwelt, in: Gerold Ambrosius, Dietmar Petzina u. Werner Plumpe (Hg.), Moderne Wirtschaftsgeschichte. Eine Einführung für Historiker und Ökonomen, München 1996, S. 119-136, hier S. 126f.

12 Bruno S. Frey, Umweltökonomie, Göttingen 1992³.

Technik- und Umweltgeschichte: Konvergenzen seit den 1980er Jahren

Welche Rolle spielte nun die Technikgeschichte im Zusammenhang mit der Entwicklung der Umweltgeschichte? Roman Sandgruber hat zu Beginn der 1990er Jahre die Technikgeschichte als „Bannerträger der Umweltgeschichte“ bezeichnet.¹³ Dennoch zählten diese Ansätze auch in der Technikgeschichte nicht zum mainstream. Doch trotz aller Differenzen zwischen den Kulturen war die Technikgeschichte als Brückenfach zwischen den Geistes- und Sozialwissenschaften und den Ingenieur- und Naturwissenschaften offenbar am besten gerüstet. Die Technikgeschichte wäre als kleines Fach ohne thematische Öffnung auch nicht entwicklungsfähig gewesen, die Konvergenzen waren also durchaus ausgeprägt.

Hier ist kein Literaturüberblick möglich, sondern lediglich ein knapper Überblick über die seit den 1980er Jahren erschienenen Monographien, die diese Konvergenz anzeigen und die Erweiterung forciert haben. Zu Beginn der 1980er Jahre formierte sich die historische Umweltforschung und entsprechende Fragestellungen wurden in den Teildisziplinen der Geschichtswissenschaft entwickelt. 1981 waren sowohl die Technikgeschichtliche Jahrestagung des VDI als auch die 9. Arbeitstagung der Gesellschaft für Sozial- und Wirtschaftsgeschichte dem Thema „Umwelt“ gewidmet und ließen das Potential dieses Arbeitsfeldes erkennen. Ulrich Troitzsch betonte, dass neben dem Wettrüsten kaum ein Thema die Bevölkerung mehr beschäftige als die anthropogene Umweltbelastung. Die historische Umweltforschung könne einen „wenn auch sicherlich bescheidenen Beitrag zur Einschätzung und Lösung aktueller Probleme leisten“, und mit der Freilegung und kritischen Analyse von Wurzeln, Wegen, Irr- und Umwegen historischer Prozesse könnten Entscheidungshilfen für die Lösung „vor uns liegender Probleme gewonnen werden“. Die historische Dimension war nach Troitzsch' Ansicht umso notwendiger, als der überwiegende Teil der ökologisch orientierten Literatur eine ausgesprochene Ahistorizität aufweise.¹⁴

Zunächst bildeten die Umweltmedien einen starken thematischen Bezugspunkt. Zum Medium Wasser bzw. der Wasserversorgung legte Günter

13 Roman Sandgruber, Umweltgeschichte. Eine neue Disziplin? in: *Historicum*, Winter 1992/93, S. 14-17.

14 Ulrich Troitzsch, Historische Umweltforschung. Einleitende Bemerkungen über Forschungsstand und Forschungsaufgaben, in: *Technikgeschichte* 48, 1981, S. 177-190. Das Themenheft enthielt Beiträge von Ulf Dirlmeier (Umweltprobleme in deutschen Städten des Spätmittelalters), Günter Bayerl (Vorindustrielle Gewerbe und Umweltbelastung. Das Beispiel der Handpapiermacherei), Ilja Mieck (Luftverunreinigung und Immissionsschutz in Frankreich und Preußen zur Zeit der frühen Industrialisierung) und Friedrich Huchting (Abfallwirtschaft im Dritten Reich). Der Beitrag von Heinrich Rubner (Technisch-industrielle Entwicklung, Waldzerstörung und Waldwirtschaft von der Aufklärung bis zur Gründung des Dritten Reichs) erschien in: *Technikgeschichte* 51, 1984, S. 94-103. Die Beiträge der Tagung der GSWG wurden publiziert in: Hermann Kellenbenz (Hg.), *Wirtschaftsentwicklung und Umweltbeeinflussung (14.-20. Jahrhundert)*, Wiesbaden 1982.

Bayerl 1980 einen historischen Aufriss mit einem Schwerpunkt in der frühen Neuzeit und ein Plädoyer für Technikgeschichte als Alltagsgeschichte vor;¹⁵ in neueren Aufsätzen skizziert er die Entwicklung der Wasserversorgung bis in die Gegenwart als Entwicklung hin zu einem „technologischen Habitat“. In dieser „zweiten (technischen) Natur“ erreiche die Distanz zur Natur einen solchen Grad, dass die Dargebote der Natur nicht mehr als lebensnotwendige Ressourcen wahrgenommen würden und auch nicht mehr direkt genutzt werden könnten.¹⁶ John von Simson widmete dem Problem der Entsorgung in Großstädten (London, Paris, Hamburg, Berlin und Frankfurt/M.) eine Studie zu Kanalisation und Städtehygiene im 19. Jahrhundert. Die Forschungslücke im Bereich der Städtehygiene führte er darauf zurück, dass die Thematik in einem Grenzbereich zwischen Technik-, Medizin-, Sozial- und Stadtgeschichte liege.¹⁷ 1986 legten Kluge und Schramm eine umwelt- und sozialgeschichtliche Studie zur Versorgung mit „Trinkwasser“ vor.¹⁸ Nachdem Richard J. Evans mit *Tod in Hamburg* (1987/91) eine fundamentale Studie zur „Krise der städtischen Umwelt“ publiziert und die soziale, politische und medizinische Dimension der Cholera freigelegt hatte,¹⁹ wurden Themen zur Wasserver- und -entsorgung in der Folge auch aus der Perspektive der Technikgeschichte intensiv bearbeitet.²⁰ In der Studie *Flüsse und Kloaken* stellte Jürgen Büschfeld die Auswirkungen der Schwemmkanalisation und der industriellen Abwässer auf die Flüsse dar.²¹ Ein Forschungsprojekt an der TU Berlin (1999-2002) nahm mit Istanbul (große wasserwirtschaftliche Probleme) und Berlin (reiche Wasservorkommen) zwei Metro-

- 15 Günter Bayerl, Historische Wasserversorgung. Bemerkungen zum Verhältnis von Technik, Mensch und Gesellschaft, in: Ulrich Troitzsch u. Gabriele Wohlauf (Hg.), *Technik-Geschichte. Historische Beiträge und neuere Ansätze*, Frankfurt/M. 1980, S. 180-211.
- 16 Günter Bayerl, Konsum, Komfort und Netzwerke. Die Versorgung mit Wasser, in: Reinhold Reith u. Torsten Meyer (Hg.), *Luxus und Konsum. Eine historische Annäherung*, Münster 2003, S. 129-158; ders., Wasser. Vom Netzwerk zum technologischen Habitat, in: Christoph Ohlig (Hg.), *Historische Wassernutzung an Donau und Hochrhein sowie zwischen Schwarzwald und Vogesen*, Siegburg 2008, S. 191-220.
- 17 John von Simson, *Kanalisation und Städtehygiene im 19. Jahrhundert*, Düsseldorf 1983; ders., Die Flußverunreinigungsfrage im 19. Jahrhundert, in: *Vierteljahrschrift für Sozial- und Wirtschaftsgeschichte* 65, 1978, S. 370-390.
- 18 Thomas Kluge u. Engelbert Schramm, *Wassernöte. Umwelt- und Sozialgeschichte des Trinkwassers*, Aachen 1986.
- 19 Richard J. Evans, *Tod in Hamburg. Stadt, Gesellschaft und Politik in den Cholera-Jahren 1830-1910*, Reinbek b. Hamburg 1991 (engl. 1987).
- 20 Literaturüberblick bei Anne Irmgard Hardy, Georg Varrentrapps Visionen zur Kanalisation, Trinkwasserversorgung und Bauhygiene in deutschen Städten (1860-1880), in: *Technikgeschichte* 72, 2005, S. 91-126. S. auch Wolfgang König, *Wasser im Alltag. Ein Überblick über die Wasserversorgung und Abwasserentsorgung in Deutschland von der Mitte des 19. Jahrhunderts bis zur Gegenwart*, in: Volkmar Hartje u. Harald Ermel (Hg.), *Wasser – Kultur – Politik. Wechselwirkungen und Optionen*, Berlin 1988, S. 137-150.
- 21 Jürgen Büschfeld, *Flüsse und Kloaken. Umweltfragen im Zeitalter der Industrialisierung (1870-1918)*, Stuttgart 1997.

polen mit unterschiedlichen naturräumlichen und kulturellen Rahmenbedingungen in den Blick.²²

1984 publizierte Gerd Spelsberg ein Buch über die „Rauchplage“ als Beitrag zur Technik- und Sozialgeschichte und räumte ein, dass angesichts des Forschungsstandes manches „notwendig spekulativ“ bleiben müsse. Er ging von der Frage aus, warum die Gefahren der Luftverschmutzung so lange und beharrlich übersehen oder verharmlost worden seien; das Waldsterben nahm er explizit als Ansatzpunkt.²³ Das 1984 im Auftrag der VDI-Kommission „Reinhaltung der Luft“ erschienene Bändchen von Friedrich Spiegelberg dokumentierte besonders die Rolle der VDI-Kommission seit den 1960er Jahren. 1985 legte der VDI-Verlag in der Reihe „Klassiker der Technik“ eine Sammlung von Abhandlungen über Abgase und Rauchschäden wieder auf, wobei die VDI-Kommission „Reinhaltung der Luft“ auf den „sauren Regen“ Bezug nahm und an vergleichbare historische Probleme und deren Lösung erinnern wollte.²⁴ Das Thema Luftverunreinigung bzw. Immission kristallisierte sich als eines der zentralen Themen der Technikgeschichte heraus.²⁵ Unmittelbar an Spelsberg schlossen Andersen, Ott und Schramm mit ihrer Studie über den Freiburger Hüttenrauch an. Franz-Josef Brüggemeier und Thomas Rommelspacher entwickelten in *Blauer Himmel über der Ruhr* entlang der Umweltmedien Luft, Boden und Wasser eine Umweltgeschichte des Ruhrgebiets im Industriezeitalter.²⁶ Im Schnittpunkt der Wissenschafts- und Technikgeschichte bewegte sich Norman Fuchsloch in seiner Studie über

- 22 Noyan Dinçkal, Istanbul und das Wasser. Zur Geschichte der Wasserversorgung und Abwasserentsorgung von der Mitte des 19. Jahrhunderts bis 1966, München 2004; Shahrooz Mohajeri, 100 Jahre Berliner Wasserversorgung und Abwasserentsorgung 1840-1940, Stuttgart 2005; Noyan Dinçkal u. Shahrooz Mohajeri (Hg.), Blickwechsel. Beiträge zur Geschichte der Wasserversorgung und Abwasserentsorgung in Berlin und Istanbul, Berlin 2001; dies., Zentrale Wasserversorgung in Berlin und Istanbul. Einrichtung, Diffusions- und Akzeptanzprozesse im Vergleich, in: Technikgeschichte 69, 2002, S. 113-147.
- 23 Gerd Spelsberg, Rauchplage. Zur Geschichte der Luftverschmutzung, Aachen 1984 (2. Aufl. Köln 1988). Zum Kontext der Forschung: Kenneth Anders u. Frank Uekötter, Viel Lärm ums stille Sterben. Die Debatte über das Waldsterben in Deutschland, in: Uekötter/Hohensee (wie Anm. 2), S. 112-138.
- 24 Friedrich Spiegelberg, Reinhaltung der Luft im Wandel der Zeit, Düsseldorf 1984; VDI-Kommission „Reinhaltung der Luft“ (Hg.), Waldsterben im 19. Jahrhundert, Düsseldorf 1985.
- 25 Bereits 1967 hatte Ilja Mieck das Thema Luftverunreinigung und Immissionsschutz in Preußen aufgegriffen, das er später vergleichend (Preußen und Frankreich) behandelte. Ilja Mieck, Aerem corrumpere non licet. Luftverunreinigung und Immissionsschutz in Preußen bis zur Gewerbeordnung 1869, in: Technikgeschichte 34, 1967, S. 36-78; Fritz Karl, Deutsches Immissionsschutzrecht seit 1870 bis hin zum Bundesimmissionsschutzgesetz von 1974, in: Technikgeschichte 47, 1980, S. 20-39.
- 26 Arne Andersen, René Ott u. Engelbert Schramm, Der Freiburger Hüttenrauch 1849-1865. Umweltauswirkungen, ihre Wahrnehmung und Verarbeitung, in: Technikgeschichte 53, 1986, S. 169-200; Franz-Josef Brüggemeier u. Thomas Rommelspacher, „Blauer Himmel über der Ruhr“. Geschichte der Umwelt im Ruhrgebiet 1840-1990, Essen 1992.

die gutachterliche Tätigkeit der Preußischen Landesanstalt für Wasser-, Boden- und Lufthygiene im Bereich der Luftreinhaltung zwischen 1920 und 1960,²⁷ Frank Uekötter legte 2003 eine Monographie zur Geschichte der Luftverschmutzung in Deutschland und den USA (1880-1970) vor. Mit seiner Neuinterpretation der Geschichte der Luftreinhaltung nimmt er Abschied von einer Geschichte des Versagens und Scheiterns und beschreibt zum Teil erfolgreiche Problembewältigungen im Kontext nationaler Stile der Regulierung, wobei er technischen Fragen eine Schlüsselrolle zubilligt. Die Forschung habe daher von der Erörterung der technischen Möglichkeiten der Zeit auszugehen. Das sei deshalb von Bedeutung, „weil nicht wenige Umwelthistoriker technikhistorischen Fragen bislang mit ausgeprägtem Desinteresse begegnet sind“.²⁸

1987 erschien Günter Bayerls Studie über die vorindustrielle Papierproduktion, in der er umweltgeschichtliche Fragestellungen mit gewerbe- und technikgeschichtlichen in der Trias „Technologie, Arbeitsverhältnisse, Umwelt“ verband. Bereits 1986 hatte er gemeinsam mit Karl Pichol in der Reihe *Kulturgeschichte der Naturwissenschaften und der Technik* den Band *Papier. Produkt aus Lumpen, Holz und Wasser* publiziert. Mit dem Arbeitsprozess wurde auch die Gefährdung und mit der Herstellung der Zugriff auf natürliche Ressourcen thematisiert: Es gehe nicht nur um technische Veränderungen, sondern auch darum, was an „Natur“ in die Produktion eingehe und verbraucht werde.²⁹

In seiner Studie von 1982 über den unterirdischen Wald griff Rolf Peter Sieferle auf die These Werner Sombarts zurück, dass der Holzmangel am Ende des 18. Jahrhunderts die gewerbliche Entwicklung in eine Krise geführt und gar das Ende des Kapitalismus heraufbeschworen habe, wenn nicht die Substitution durch die Kohle erfolgt wäre.³⁰ Auch Technikhistoriker folgten dieser These, sie wiesen jedoch – wie Gleitsmann – auf die Entwicklung

- 27 Norman Fuchsloch, Sehen, riechen, schmecken und messen als Bestandteile der gutachterlichen und wissenschaftlichen Tätigkeit der Preußischen Landesanstalt für Wasser-, Boden- und Lufthygiene im Bereich der Luftreinhaltung zwischen 1920 und 1960, Freiburg 1999.
- 28 Frank Uekötter, Von der Rauchplage zur ökologischen Revolution. Eine Geschichte der Luftverschmutzung in Deutschland und den USA 1880-1970, Essen 2003 (engl. Pittsburgh 2009), S. 17; ders., Die Kommunikation zwischen technischen und juristischen Experten als Schlüsselproblem der Umweltgeschichte. Die preußische Regierung und die Berliner Rauchplage, in: Technikgeschichte 66, 1999, S. 1-31; ders., Der Wert des Vorsorgeprinzips. Die gescheiterte Bekämpfung der Automobilabgase in Deutschland und den USA vor 1945, in: Technikgeschichte 69, 2002, S. 41-72.
- 29 Günter Bayerl, Die Papiermühle. Vorindustrielle Papiermacherei auf dem Gebiet des alten deutschen Reiches. Technologie, Arbeitsverhältnisse, Umwelt, 2 Bde., Frankfurt/M. 1987; ders. u. Karl Pichol, Papier. Produkt aus Lumpen, Holz und Wasser, Reinbek b. Hamburg 1986.
- 30 Rolf Peter Sieferle, Der unterirdische Wald. Energiekrise und Industrielle Revolution, München 1982.

holzsparender Technologien hin.³¹ 1986 zog Joachim Radkau die These der Holznot in Zweifel, und der 1987 gemeinsam mit Ingrid Schäfer verfasste Band *Holz. Ein Naturstoff in der Technikgeschichte* bildete den Ausgangspunkt einer Kontroverse, die als ein Dauerbrenner der Umweltgeschichte betrachtet werden kann.³² In der Technikgeschichte ist die Frage des Umgangs mit Ressourcen – ausgehend von der Zentralressource der vorindustriellen Zeit – und besonders die Einsparung von Prozessenergie immer wieder thematisiert worden. Das Spektrum reicht hier von der Brennstoffeinsparung und -substitution bei den Salinen oder in der Hüttentechnik bis hin zur Wärmewirtschaft in der Eisen- und Stahlindustrie der 1920er Jahre.³³

In den 1990er Jahren zeichnet sich ein weites thematisches Spektrum ab: Es reicht von der Studie Hans-Liudger Dienels zu den Naturvorstellungen deutscher Ingenieure 1871-1914³⁴ bis zu Torsten Meyer *Natur, Technik und Wirtschaftswachstum*, der risikosoziologische Überlegungen als Ausgangspunkt nimmt. Im 18. Jahrhundert verdichtete sich die Risikoperzeption signifikant und Meyer interpretiert die Technologie als „Sicherheitsversprechen“ gegen drohende Ressourcenverknappung.³⁵ Bayerl und Meyer vertreten auch die These, dass sich im 18. Jahrhundert die Naturauffassung derart änderte, dass die Natur als Warenhaus und nur noch in ihrem Nutzen für das ökonomische Wohlergehen des Menschen gesehen wurde.³⁶

- 31 Rolf-J. Gleitsmann, Erfinderprivilegien auf holzsparende Technologien im 16. und frühen 17. Jahrhundert, in: *Technikgeschichte* 52, 1985, S. 217-232; ders., Aspekte der Ressourcenproblematik in historischer Sicht, in: *Scripta Mercaturae* 15, 1981, S. 33-89.
- 32 Joachim Radkau, Zur angeblichen Energiekrise des 18. Jahrhunderts. Revisionistische Betrachtungen über die „Holznot“, in: *Vierteljahrschrift für Sozial- und Wirtschaftsgeschichte* 73, 1986, S. 1-37; ders. u. Ingrid Schäfer, *Holz. Ein Naturstoff in der Technikgeschichte*, Reinbek b. Hamburg 1987. Vgl. auch Ingrid Schäfer, „Ein Gespenst geht um“. Politik mit der Holznot in Lippe 1750-1850. Eine Regionalstudie zur Wald- und Technikgeschichte, Detmold 1992. Einen Überblick über die Debatte gibt Bernd-Stefan Grewe, „Man sollte sehen und weinen!“ Holznotalarm und Waldzerstörung vor der Industrialisierung, in: Uekötter/Hohensee (wie Anm. 2), S. 24-41.
- 33 Akos Paulinyi, Die Erfindung des Heißwindblasens in Schottland und seine Einführung in Mitteleuropa, in: *Technikgeschichte* 50, 1983, S. 1-33 u. S. 129-145; Peter Piasecki, Territorialherrschaft und die Diffusion von Innovationen im deutschen Salinenwesen der frühen Neuzeit, in: *Technikgeschichte* 57, 1990, S. 165-188; Gottfried Plumpe, Standortproblem und technische Entwicklung. Die württembergische Eisenindustrie 1800-1850, in: *Technikgeschichte* 49, 1982, S. 132-158; Christian Kleinschmidt, Wärmewirtschaft – Betriebswirtschaft – Wissenschaftliche Betriebsführung. Innovationen der Eisen- und Stahlindustrie nach dem Ersten Weltkrieg, in: *Technikgeschichte* 62, 1995, S. 303-315.
- 34 Hans-Liudger Dienel, *Herrschaft über die Natur? Naturvorstellungen deutscher Ingenieure 1871-1914*, Stuttgart 1992.
- 35 Torsten Meyer, *Natur, Technik und Wirtschaftswachstum im 18. Jahrhundert. Risikoperzeption und Sicherheitsversprechen*, Münster 1999.
- 36 Günter Bayerl u. Torsten Meyer, Glückseligkeit, Industrie und Natur. Wachstumsdenken im 18. Jahrhundert, in: Günter Bayerl, Norman Fuchsloch u. Torsten Meyer (Hg.), *Umweltgeschichte. Methoden, Themen, Potentiale*, Münster 1996, S. 135-158; Günter Bayerl, Prolegomenon der „Großen Industrie“. Der technisch-ökonomische Blick auf die Natur

Die dem umwelthygienischen Ansatz verpflichtete Habilitationsschrift von Arne Andersen zum Metallhüttenwesen und der Chemieindustrie (1850-1933) ging von der Forderung aus, dass dem Technology-Assessment eine historische Linie fehle.³⁷ Die Nutzung regenerierbarer Energiequellen – vor allem der Wind- und Wasserkraft – war ab 1983 Gegenstand des Forschungsprojektes „Die Mühle als technologisches Kernsystem und Modernisierungsfeld der Industriellen Evolution (15.-19. Jh.)“.³⁸ Matthias Heymann steuerte 1995 mit der Geschichte der Windenergienutzung im 20. Jahrhundert eine profunde Studie zum Thema alternative Energien bei, bei der er von einem Widerspruch ausging: Die Technik der Windenergienutzung veränderte sich rasch und grundlegend, sie brachte jedoch kaum Impulse für die Praxis. Das war keine Erfolgsgeschichte. Die Fragen zielten daher auf die Hemmnisse der Windenergienutzung, um Einsichten in Entwicklungs- und Gestaltungsmöglichkeiten zu gewinnen. Die Aktualität der Analyse lag in der Feststellung, dass es sich bei den Industriegesellschaften auf der Basis fossiler Energieträger um „Übergangsgesellschaften“ handle.³⁹

Die Studie von Wolfgang König über *Bahnen und Berge* – als Vorgeschichte des Massentourismus in den Schweizer Alpen – fokussiert mit den Eingriffen in die Naturlandschaft zum einen die Zusammenhänge zwischen Technik und Tourismus, zum anderen die Suche nach einem Weg zwischen Naturerschließung und Naturbewahrung. König verbindet technik-, tourismus- und umweltgeschichtliche Interessen. Mit der Betonung von Sympa-

im 18. Jahrhundert, in: Werner Abelshauser (Hg.), Umweltgeschichte. Umweltverträgliches Wirtschaften in historischer Perspektive, Göttingen 1994, S. 29-56; ders., Die Natur als Warenhaus. Der technisch-ökonomische Blick auf die Natur in der frühen Neuzeit, in: Hahn/Reith (wie Anm. 5), S. 33-52; Torsten Meyer u. Marcus Popplow, „To employ each of Nature's products in the most favorable way possible“. Nature as a Commodity in Eighteenth-Century German Economic Discourse, in: Historical Social Research / Historische Sozialforschung 29, 2004, S. 4-40.

- 37 Arne Andersen, Historische Technikfolgenabschätzung am Beispiel des Metallhüttenwesens und der Chemieindustrie (1850-1933), Stuttgart 1996. Bezieht man das Thema Arbeitssicherheit in den umwelthygienischen Ansatz ein, so wäre auch Wolfhard Weber, Arbeitssicherheit. Historische Beispiele, aktuelle Analysen, Reinbek b. Hamburg 1988, zu nennen sowie Arbeitsschutz und Umweltgeschichte, hg. von der Hamburger Stiftung für Sozialgeschichte, Köln 1990.
- 38 Günter Bayerl (Hg.), Wind- und Wasserkraft. Die Nutzung regenerierbarer Energiequellen in der Geschichte, Düsseldorf 1989.
- 39 Matthias Heymann, Die Geschichte der Windenergienutzung 1890-1990, Frankfurt/M. 1995; ders., Technisches Wissen, Mentalitäten und Ideologien. Hintergründe zur Mißerfolgsgeschichte der Windenergietechnik im 20. Jahrhundert, in: Technikgeschichte 63, 1996, S. 237-254; ders., Vom Großwerden einer Kleintechnik im 20. Jahrhundert. Das Beispiel der Windenergie, in: Reinhold Reith u. Dorothea Schmidt (Hg.), Kleine Betriebe – angepasste Technologie? Hoffnungen, Erfahrungen und Ernüchterungen aus sozial- und technikhistorischer Sicht, Münster 2002, S. 75-90. Zur Entwicklung der Sonnenkollektoren vgl. Gerhard Mener, Kleinunternehmen und learning by using. Der deutsche Kollektormarkt 1973-1997, in: ebd., S. 91-100.

thie und Distanz bei der Annäherung an das Thema, wendet sich Königs Studie von einer ausschließlich an Krisenszenarien orientierten Historiographie ab und steht damit nicht allein.⁴⁰ In seiner Weltgeschichte der Umwelt moniert auch Joachim Radkau, dass bei den universalen Leitmotiven der Umweltgeschichte das meiste auf Krise hinaus laufe. Doch über die Krisen und Katastrophen gebe es auch Naturverbundenheit und stille Regeneration der natürlichen Umwelt.⁴¹

Die vorliegende Liste könnte vor allem um Sammelbände und Aufsatzliteratur durchaus erweitert werden. Besonders die *Cottbuser Studien: Umwelt – Arbeit – Technik* haben einen deutlichen Schwerpunkt in der Umweltgeschichte gesetzt.⁴² Seit 1998 liegt auch eine Sammlung von Quellentexten zur Geschichte der Umwelt vor, die ein wichtiges Hilfsmittel für die Lehre ist.⁴³ Dass die als Lehrbücher konzipierten Bände der *Enzyklopädie Deutsche Geschichte* zur Umweltgeschichte aus dem Kontext der Technikgeschichte kommen, darf ebenfalls als Konvergenz gewertet werden.⁴⁴ Auch in der auf 16 Bände ausgelegten *Enzyklopädie der Neuzeit* (1450 bis 1850) sind Umweltgeschichte und Technikgeschichte unter den zehn Fachgebieten vertreten, wobei das Fachgebiet „Umwelt und technischer Wandel“ in enger Koordination mit „Naturwissenschaft und Medizin“ bearbeitet wird.⁴⁵

In der Zeitschrift *Technikgeschichte* sind vor allem seit Beginn der 1980er Jahre immer wieder Artikel mit umwelthistorischen Bezügen publiziert worden. Dies lag auch deshalb nahe, da keine deutschsprachige Zeitschrift für Umweltgeschichte existiert; *Environment and History* erscheint erst seit 1995. In der *Technikgeschichte* erschienen z.B. Beiträge zu Themen wie Müllverwertung, Wasserversorgung, Städteassanierung, Risikodebatten im Tiefgebäudebau, Technikkonsum oder Hochwasserschutz.⁴⁶ Auch in den Themen-

40 Wolfgang König, *Bahnen und Berge. Verkehrstechnik, Tourismus und Naturschutz in den Schweizer Alpen 1870-1939*, Frankfurt/M. 2000.

41 Joachim Radkau, *Natur und Macht. Eine Weltgeschichte der Umwelt*, München 2000.

42 Gleich der erste Band der Reihe startete mit einer Bestandsaufnahme zur Umweltgeschichte: Günter Bayerl, Norman Fuchsloch u. Torsten Meyer (Hg.), *Umweltgeschichte. Methoden, Themen, Potentiale*, Münster 1996. Weitere Bände sind umweltgeschichtlichen Themen gewidmet. Vgl. z.B. Christoph Bernhardt (Hg.), *Environmental Problems in European Cities in the 19th and 20th Century*, Münster 2001.

43 Günter Bayerl u. Ulrich Troitzsch, *Quellentexte zur Geschichte der Umwelt von der Antike bis heute*, Göttingen 1999.

44 Frank Uekötter, *Umweltgeschichte im 19./20. Jahrhundert*, München 2007. Die „Umweltgeschichte der frühen Neuzeit“ (Reinhold Reith) ist in Vorbereitung.

45 Die *Enzyklopädie der Neuzeit* ist ein Gemeinschaftsunternehmen des Kulturwissenschaftlichen Instituts im Wissenschaftszentrum Nordrhein-Westfalen (Essen) und des J.B. Metzler Verlags (Stuttgart/Weimar); bis Ende 2008 sind acht Bände erschienen.

46 Engelbert Schramm, *Soda-Industrie und Umwelt im 19. Jahrhundert*, in: *Technikgeschichte* 57, 1990, S. 190-216; Carmelita Lindemann, *Verbrennung oder Verwertung: Müll als Problem um die Wende vom 19. zum 20. Jahrhundert*, in: *Technikgeschichte* 59, 1992, S. 91-107; Nicole C. Karafyllis, „Nur soviel Holz einschlagen, wie nachwächst“. Die Nach-

heften (in denen die Beiträge zu den technikgeschichtlichen Jahrestagungen des VDI publiziert wurden) finden sich im Zusammenhang mit Themen wie Periodisierung, Technikgenese, Material oder Verkehrskonzepte Beiträge, die auf die Umweltgeschichte zugehen.⁴⁷

Divergenzen und Konvergenzen: Technikgeschichte, Umweltgeschichte und die Geschichtswissenschaft

Müssten wir diese Entwicklung nun evaluieren, so könnte der Bericht durchaus positiv ausfallen. Doch können wir uns zufrieden zurücklehnen? Frank Uekötter hat kürzlich zu den Zukunftsaussichten der Umweltgeschichte festgestellt, dass die Öffnung der allgemeinen Geschichtswissenschaft für umwelthistorische Themen „ganz ohne Zweifel eines der erfreulichsten Phänomene der Forschungsentwicklung“ sei, – und stellt die Frage, ob die Mission der Umweltgeschichte damit erfüllt sei? Er gibt zu bedenken, dass diese Öffnung die Subdisziplin ja auch voraussetze, die die Integration solcher Perspektiven anmahne!⁴⁸ Man wird diese Forderung sicher auch auf die Technikgeschichte (sowohl in Bezug auf die Geschichtswissenschaft als auch auf die Umweltgeschichte) beziehen können.

Doch zunächst ist ein weiterer Blick auf die Umweltgeschichte notwendig. Christian Kleinschmidt hat kürzlich betont, dass es zwischen der Technikgeschichte und der Umweltgeschichte Berührungspunkte gebe. Es gebe in der Umweltgeschichte allerdings auch ein breites Spektrum, das technik- und wirtschaftshistorische Aspekte ausblende.⁴⁹ Man wird daher auch kaum eine Linie von der Technik- zur Umweltgeschichte ziehen können.⁵⁰ Die Technikgeschichte geht ja keineswegs in der Umweltgeschichte auf, und die Umweltgeschichte hat verschiedene Schwerpunkte und ihre Konturen ver-

haltigkeitsidee und das Gesicht des deutschen Waldes im Wechselspiel zwischen Forstwissenschaft und Nationalökonomie, in: Technikgeschichte 69, 2002, S. 247-273; Wolfgang König, Der Ingenieur als Politiker. Otto Intze, Staudamm- und Hochwasserschutz im Einzugsbereich der Oder, in: Technikgeschichte 73, 2006, S. 27-46; Matthias Hamm, „Gib Gas?“ Ökologische Ambivalenzen und Akzeptanzprobleme konformistischer Umwelttechnologien am Beispiel von Erdgasfahrzeugen, in: Technikgeschichte 73, 2006, S. 207-225.

47 Vgl. z.B. Joachim Radkau, Umweltprobleme als Schlüssel zur Periodisierung der Technikgeschichte, in: Technikgeschichte 57, 1990, S. 345-361; Christian Kleinschmidt, „Marmor, Stein und Eisen bricht ...“ Westdeutschlands Aufbruch ins Kunststoffzeitalter, in: Technikgeschichte 68, 2001, S. 355-372; Norman Fuchsloch, Metamorphosen oder Euphemismen? Vom Wandel der Abfälle zu Wertstoffen, in: Technikgeschichte 68, 2001, S. 373-394.

48 Uekötter (wie Anm. 44), S. 92.

49 Christian Kleinschmidt, Technik und Wirtschaft im 19. und 20. Jahrhundert, München 2009, S. 129-133.

50 Helmut Braun, Von der Technik- zur Umweltgeschichte, in: Günter Schulz u.a. (Hg.), Sozial- und Wirtschaftsgeschichte. Arbeitsgebiete, Probleme, Perspektiven. 100 Jahre VSWG, Stuttgart 2004, S. 375-401.

ändert. Nils Freytag sieht in seinem Forschungsbericht die Umweltgeschichte nach „pubertärer Identitätssuche“ in den 1980er Jahren sogar auf dem Weg ins Zentrum der Geschichtswissenschaft.⁵¹ Das steht zur Diskussion, wenn es dafür auch sichere Anzeichen wie David Blackbourns *Geschichte der deutschen Landschaft*⁵² oder Behringers *Kulturgeschichte des Klimas*⁵³ gibt. Aber sicher ist es auch die außergeschichtswissenschaftliche Resonanz, die die Bewegung bringt.

Freytag nennt drei umweltgeschichtliche „Kernfelder“, die sich in den vergangenen Jahren als besonders produktiv erwiesen und Anschluss an übergreifende Fragen und Forschungstendenzen der Geschichtswissenschaft gefunden hätten. Als ersten Bereich nennt er Wald und Jagd. Ausgangspunkt sei die Holznot-Diskussion gewesen, die bis zur Diskussion der Nachhaltigkeit führe.⁵⁴ Als zweites Kernfeld nennt Freytag die Stadtgeschichtsforschung bzw. den Bereich Stadt und Infrastruktur. Hier seien die Eingriffe des Menschen in die Natur am stärksten spürbar. Die „urban environmental history“ habe zeitlich besonders das 19. Jahrhundert im Fokus, thematisch habe das Thema Stadt und Katastrophe mit der Wahrnehmung und Deutung von Naturkatastrophen bzw. Extremereignissen sich als Arbeitsfeld entwickelt. Als drittes Kernfeld sieht Freytag Staat und Politik, das einen Bogen von der Umweltbewegung bis zur Institutionalisierung der Umweltpolitik spannt. Kennzeichnend für die Umweltgeschichte sei die Anwendung neuer methodischer Instrumentarien wie die Diskurs-, Wahrnehmungs-, Medien- und Emotionsgeschichte, die Umweltgeschichte befinde sich in einer kulturgeschichtlichen Erweiterung. Hinsichtlich der Diskussion um Zäsuren in der Umweltgeschichte, in der das 1950er Syndrom⁵⁵ breiten Raum eingenommen habe, stehe nun auch der Begriff der „1970er Diagnose“ im Raum, der den neuen gesellschaftspolitischen Rang der Umweltsorge in den 1970er Jahren kennzeichne.⁵⁶

Freytag sieht insgesamt wesentliche Fortschritte der Umweltgeschichte, doch erst jüngere Arbeiten hätten die wissenschaftliche Diskussion „vom ideo-

- 51 Nils Freytag, Deutsche Umweltgeschichte – Umweltgeschichte in Deutschland. Erträge und Perspektiven, in: Historische Zeitschrift 283, 2006, S. 383-407, hier S. 406.
- 52 David Blackbourn, Die Eroberung der Natur. Eine Geschichte der deutschen Landschaft, München 2007 (engl. 2006).
- 53 Wolfgang Behringer, Kulturgeschichte des Klimas. Von der Eiszeit zur globalen Erwärmung, München 2007.
- 54 Freytag (wie Anm. 51), S. 388-393. Aus technik- und wirtschaftsgeschichtlicher Sicht erscheint der Hinweis wichtig, dass das 19./20. Jahrhundert dagegen eine Forschungslücke bilde und auch die Substitution durch Kohle wenig bearbeitet worden sei (ebd. S. 392f.).
- 55 Christian Pfister (Hg.), Das 1950er Syndrom. Der Weg in die Konsumgesellschaft, Bern, Stuttgart u. Wien 1996.
- 56 Patrick Kupper, Die „1970er Diagnose“. Grundsätzliche Überlegungen zu einem Wendepunkt der Umweltgeschichte? in: Archiv für Sozialgeschichte 43, 2003, S. 325-348; Kai F. Hünemörder, 1972 – Epochenschwelle der Umweltgeschichte? in: Archiv für Sozialgeschichte 43, 2003, S. 124-144.

logischen Ballast ihrer umweltbewegten Aufbrüche befreit“.⁵⁷ Die gesellschaftlichen Problemlagen (charakterisiert durch die Stichworte Club of Rome 1972, Ölpreisschock 1973/79, Endlichkeit der Energieträger, CO₂-Ausstoß, saurer Regen und Waldsterben) seien durch die Krisenszenarien dauerhaft in das öffentliche Bewusstsein gerückt worden, doch die Krisen seien auch von einer „weit überzogenen Hysterie“ begleitet gewesen: „autofreie Sonntage und Plastiktütenverzicht einerseits, schockierende Bilder von Baumstümpfen und Kahlschlägen andererseits“.⁵⁸ – Das wird man im Rückblick nicht völlig von der Hand weisen können, aber nach wie vor sind es Problemlagen, die bereits in den 1960er und 1970er Jahren fokussiert wurden, die heute durch neuere Forschungen und Entwicklungen sogar noch brisanter bzw. komplexer erscheinen. Die exponentielle Steigerung der Anreicherung der Atmosphäre mit Kohlendioxid (sowie mit Methan und Stickoxiden), die in den 1950er Jahren verstärkt einsetzte, konnte zunächst kaum entsprechend gedeutet werden. Svante Arrhenius hatte zwar bereits 1896 auf die steigenden CO₂-Emissionen aufmerksam gemacht, Gilbert Plass hatte 1956 eine Kohlendioxid-Theorie des Klimawandels formuliert, und 1957 hatte Charles Keeling eine langjährige Messreihe vorgelegt, die den kontinuierlichen Aufwärtstrend der Konzentration von CO₂ in der Atmosphäre belegte.⁵⁹ Doch da seit 1940 die Temperaturen zurückgegangen waren, schenkte man den Theorien des Global Warming kaum Beachtung, sondern befürchtete seit den 1960er Jahren eher eine bevorstehende Eiszeit und verband die Prognose mit der Forderung, es müsse gelingen, den Prozess der globalen Abkühlung zu verhindern. Man vermutete einen Filter-Effekt durch das Global Dimming (Trübheit), also Nebel, Wolken, Smog bzw. Luftverschmutzung als Ursache der Abkühlung. Als Maßnahme wurde daher auch die vermehrte Erzeugung von CO₂ (zur Verstärkung des Treibhauseffektes) erwogen. Erst 1977 zeichnete sich ein neuer Konsens in Richtung „Global Warming“ ab, und seit den 1980er Jahren gilt der anthropogene Ursprung der globalen Erwärmung als Lehrmeinung. Die Diskussion der „Limits for Growth“ hat sich daher verlagert und mit dem Klimawandel eine neue Dimension erlangt, die auch die Umwelt- und die Technikgeschichte vor neue Anforderungen stellt.⁶⁰

Die Erweiterung der Umweltgeschichte durch die Klimageschichte verdankt ihre Impulse u.a. der Geographie aber auch der Sozial- und Wirtschafts-

57 Freytag (wie Anm. 51), S. 386.

58 Ebd., S. 385.

59 Behringer (wie Anm. 53), S. 243ff.

60 Noch in den 1990er Jahren war eine Umweltgeschichte ohne Klima und Naturkatastrophen denkbar: Andersen wollte das Klima oder Naturkatastrophen bewusst aus der Umweltgeschichte ausklammern, denn es gehe immer um „die Geschichte der Menschen, ihre Aktionen und Reaktionen und ihre ideologischen Verarbeitungen von Wirklichkeit“; s. Arne Andersen, Über das Schreiben von Umweltgeschichte, in: Simon (wie Anm. 7), S. 44-57, hier S. 45.

geschichte, wenngleich manchmal der Eindruck entsteht, dass sich hier getrennte Diskurse und Forschungsfelder entwickeln. Doch in letzter Konsequenz führt der Klimawandel wieder auf den Ressourcenverbrauch hin! Das bedeutet, dass die Problemlagen, die schon Kenneth Boulding und Nicolas Georgescu-Roegen thematisierten, eigentlich nur noch an Brisanz gewonnen haben. Mit der Metapher „Raumschiff Erde“ polemisierte Boulding 1966 gegen die Vorstellung, wir würden in einem „offenen System“ leben und er prognostizierte, die Menschheit könne nur überleben, wenn die Rohstoffe nicht weiter verschwenderisch ausgebeutet würden und die Abfälle nicht dauernd zunähmen.⁶¹ Georgescu-Roegen postulierte 1971, die verfügbare Energie nehme durch Abbau und Verwendung der nicht-erneuerbaren Ressourcen ab. In der Ökonomik entstehe zwar der Eindruck, der ökonomische Prozess sei eine kreisförmige und völlig in sich ruhende Angelegenheit. Doch die Materie/Energie trete in einem Zustand niedriger Entropie in den ökonomischen Prozess ein und verlasse ihn in einem Zustand höherer Entropie bzw. Unordnung. Der stets erneute Griff des Menschen nach den Schätzen der Natur vollziehe sich nicht abseits der Geschichte. Die langfristige Konsequenz sei das Versiegen der natürlichen Ressourcen. Der entropische Charakter des ökonomischen Prozesses, die Knappheit niedriger Entropie in der Umwelt, führe auch dazu, dass der Mensch sich bemühe, sie besser zu nutzen und Energieeffizienz und Energieproduktivität zu steigern. Dennoch seien die Bodenschätze in kaum fasslichem Maße angezapft worden. Die Verwendung des terrestrischen Vorrats niedriger Entropie sei die eigentliche Schicksalsfrage der Menschheit.⁶² Die akkumulierten historischen Verbräuche für Eisenerz, Gold, Kupfer und Zinn zeigen, dass die Menschheit nach 1950 mehr Ressourcen verbraucht hat, als in der gesamten Menschheitsgeschichte zuvor.⁶³ Das gilt ebenso für die Energieressourcen, weshalb gerade die 1950er Jahre als Übergang vom Zeitalter der Kohle ins Zeitalter der Kohlenwasserstoffe als „entscheidende Bruchstelle im Mensch-Umwelt-Verhalten“ betont werden.⁶⁴

- 61 Kenneth E. Boulding, *The Economics of the Coming Spaceship Earth*, in: Henry Jarret (Hg.), *Environmental Quality in a Growing Economy*, Baltimore 1966, S. 3-14; Frey (wie Anm. 12), S. 15ff.
- 62 Nicolas Georgescu-Roegen, *The Entropy Law and the Economic Process*, Cambridge, MA 1971; ders., Was geschieht mit der Materie im Wirtschaftsprozeß? Recycling: Lösung der Umweltkrise? in: *Brennpunkte* 2, 1974, S. 17-28.
- 63 Günter B.L. Fettweis, *Urproduktion mineralischer Rohstoffe und Zivilisation. Geschichtliche Entwicklungen und aktuelle Probleme*, in: Josef Zemann (Hg.), *Energievorräte und mineralische Rohstoffe*, Wien 1998, S. 7-46.
- 64 Christian Pfister, *Ressourcen, Energiepreis und Umweltbelastung. Was die Geschichtswissenschaft zur umweltpolitischen Debatte beitragen könnte*, in: Simon (wie Anm. 7), S. 13-28; Jörn Sieglersmidt (Hg.), *Der Aufbruch ins Schlaraffenland. Stellen die Fünfziger Jahre eine Epochenschwelle im Mensch-Umwelt-Verhältnis dar?* Mannheim 1995.

Konvergenzen

Stoffströme

Das Thema „Stoffströme“ im Sinne des Umgangs mit bzw. der Nutzung der materiellen Ressourcen scheint mir daher ein idealer Fokus, der wirtschafts-, technik- und umweltgeschichtliche (einschließlich klimageschichtlicher) Fragestellungen und Zugänge verbinden könnte. Das Konzept der Stoffströme kommt nicht aus den historischen Disziplinen, sondern es dient in der volkswirtschaftlichen Materialflussrechnung dazu, physische Ströme natürlicher Ressourcen zu verfolgen.⁶⁵ Dabei geht es um den Umfang der Nutzung und die Belastung der Umwelt, insbesondere durch die „ökologischen Rucksäcke“, die Aufbereitungsabfälle (taubes Gestein, Schlacken Abraum) und verlagerte Massen (Abraum, Versatz, Ausbaggerung) enthalten. Das Konzept zielt letztlich auf die Erfassung des globalen Materialaufwands (GMA). Dieser setzt sich zusammen aus dem direkten Materialinput (Metalle, Rundholz, Getreide etc.) und den ökologischen Rucksäcken und bezeichnet die jährlich für eine Volkswirtschaft der Umwelt im In- oder Ausland entnommenen Primärmaterialien. „Der GMA ist damit der beste Schätzwert für die Größenordnung der potentiellen Umweltbelastungen durch Entnahme und Nutzung von natürlichen und stofflichen Ressourcen.“⁶⁶ Zur Analyse der Materialintensität der Volkswirtschaften ist der GMA ein guter Indikator für das Verhältnis von wirtschaftlichen Aktivitäten und der Nutzung materieller Ressourcen, wenngleich bestimmte Ressourcen (Wasser und Luft) bisher nicht ausreichend erfasst werden konnten. Doch halten wir fest: Der GMA ist ein Schätzwert, der z.B. die Verarbeitung, Verwendung, den Konsum (die Lebensdauer der Produkte) nicht bzw. nur unzureichend einbezieht, der sich also nicht über die gesamte Produktlinie erstreckt.

Was könnte ein solches Konzept für die Umweltgeschichte und die Technikgeschichte bringen? Zunächst wäre eine Erweiterung des Modells dahin gehend möglich, dass es auf die Produktlinie – im Sinne eines Material-Stoffwechsels⁶⁷ – ausgedehnt wird und damit auch die qualitative Seite stärker in den Blick nimmt.⁶⁸

65 Albert Adriaanse u.a., *Stoffströme. Die materielle Basis von Industriegesellschaften*, Berlin, Basel u. Boston 1998.

66 Ebd., S. 23.

67 Walter Hüttler, Harald Payer u. Heinz Schandl, *Der Material-Stoffwechsel*, in: Marina Fischer-Kowalski u.a., *Gesellschaftlicher Stoffwechsel und Kolonisierung von Natur*, Amsterdam 1997, S. 67-79. Vgl. die Studien aus dem Projekt der Breuninger Stiftung „Der Europäische Sonderweg“: Fridolin Krausmann, *Rekonstruktion und Entwicklung von Materialflüssen im Zuge der Industrialisierung. Veränderungen im sozioökonomischen Biomassenmetabolismus in Österreich 1830 bis 1998*, Stuttgart 2001; Heinz Schandl u. Niels Schulz, *Vergleichende Untersuchung zur langfristigen Entwicklung von gesellschaftlichem Stoffwechsel und Landnutzung in Österreich und dem Vereinigten Königreich*, Stuttgart 2003.

68 Beim GMA werden auch qualitative Aspekte berücksichtigt, da die Materialflüsse nach ihrem Schadenspotential (abhängig vom so genannten Mobilisierungspotential) klassifiziert werden.

Ein Beitrag könnte also in der Erweiterung und Präzisierung des Modells liegen. Im Ruhrbergbau wurde z.B. taubes Material als „Bergeversatz“ wieder in die Grube eingebracht, denn in größerer Tiefe schlossen sich die Hohlräume durch den Gebirgsdruck wieder, und diese Bewegung setzte sich bis an die Oberfläche fort. Nach 1929 ging man zum Sparversatz über, und bis 1934/35 hatte sich der Teilversatzbau in großem Umfang durchgesetzt. Nach 1935 ging man in größerem Ausmaß zum so genannten Bruchbau ohne jeglichen Versatz über – mit den entsprechenden Folgen für die Arbeitssicherheit. Die Langzeitschäden (Senkungen etc.) machten sich erst später bemerkbar, und ein Umdenken setzte erst 1950 ein.⁶⁹ Der GMA würde hier nur die Menge des anfallenden tauben Materials bewerten, die Umweltauswirkungen könnten somit nur unzureichend erfasst werden. Auch im Tagebau sind die bewegten Massen, die in den GMA eingehen, ein guter (erster) Indikator für die Umweltauswirkungen, doch die spezifischen Probleme wie Landschaftsverbrauch, Wasserhaushalt, Grundwasserabsenkung, Landwirtschaft, Halden, Erosion und „Bergbaufolgelandschaft“ sind quantitativ nur im Ansatz zu beschreiben.⁷⁰ Hier geht es vielleicht um die „andere Geschichte“, die der Technik-Anpassung. Diese andere Geschichte ist jedoch unübersichtlicher; „sie ist mehr eine Geschichte des Details als der großen technischen Ideen – daher ist sie erst im Ansatz geschrieben“.⁷¹ Doch – wie Aby Warburg bemerkte: nicht nur der Teufel, sondern auch der liebe Gott steckt im Detail!

Der Blick auf die Stoffströme und ihrer Auswirkungen auf die Umwelt bietet einen weiten Rahmen für die historische Analyse und bietet den Vorzug, Fragestellungen mit einer spezifischen Verbindung von Technik- und Umweltgeschichte über Zeit verfolgen zu können.

Nun könnte der Eindruck entstehen, die Konvergenz liege vor allem in der Zeitgeschichte? Der rasante Wandel seit den 1950er Jahren ist unbestritten, dennoch haben viele dieser Themen ihre eigene Geschichte und Interpolationen haben sich als wenig fruchtbar erwiesen. Die historische Analyse des Umgangs mit Energieressourcen und die Entwicklung von „Spartechnologien“ kann z.B. unerwartete Ergebnisse bringen. Als 1620 in der Saline Saulnot in gedeckten Pfannen Salz gesotten und durch Kohle erheblich bei

69 Evelyn Kroker, Bruchbau kontra Vollversatz. Mechanisierung, Wirtschaftlichkeit und Umweltverträglichkeit im Ruhrbergbau zwischen 1930 und 1950, in: Der Anschnitt 42, 1990, S. 191-203.

70 Johann Paul, Risikodebatten über den Tieftagebau im rheinischen Braunkohlenrevier seit den 1950er Jahren, in: Technikgeschichte 65, 1998, S. 141-161; Günter Bayerl u. Dirk Maier (Hg.), Die Niederlausitz vom 18. Jahrhundert bis heute. Eine gestörte Kulturlandschaft? Münster 2002; Günter Bayerl, Die Umweltsanierung auf dem Gebiet der ehemaligen DDR. Ein vergessenes Thema? in: Jan-Patrick Bauer, Johannes Meyer-Hamme u. Andreas Körber (Hg.), Geschichtslernen. Innovationen und Reflexionen, Kenzingen 2008, S. 225-258.

71 Radkau (wie Anm. 41), S. 22.

der Feuerung eingespart wurde, resümierte der württembergische Landesbaumeister Heinrich Schickhardt (der 1693 einen Siedeherd mit Eisenrost für die Kohlefeuerung entworfen hatte): „Daran siehet man, dass nit alle neuerungen zu werfen seindt.“⁷²

Die globalen Zusammenhänge drängen sich – nicht nur durch den Klimawandel – geradezu auf. Der GMA z.B. wird in Deutschland zu 35% durch ausländische Materialanteile bestritten, in Japan liegt der Anteil bei 50% und in den Niederlanden bei 75%. Die Umweltkonsequenzen (die ökologischen Rucksäcke) werden also nur teilweise dort getragen, wo die Stoffe konsumiert werden, und sie sind den Ländern daher auch kaum ersichtlich.⁷³ John F. Richards hat in *The Unending Frontier* gezeigt, dass eine an Ressourcen orientierte Umweltgeschichte globalen Zuschnitts für die frühe Neuzeit verschiedene Prozesse erkennen lässt, die globale Dimension haben, und er nennt u.a. biologische Invasionen sowie die Kommerzialisierung der Jagd (the „world hunt“).⁷⁴ Die unterschiedliche Ressourcenausstattung auf der Welt ist auch ein großes politisches Thema, das bis in die Kriegs- und Großraumwirtschaft und aktuelle politische Konflikte führt. In der Sachbuchliteratur seit den 1920er Jahre und besonders im Kontext der nationalsozialistischen Autarkiepolitik ist der „Weltkampf um Rohstoffe“ (Walter Pahl) oder „Der Ölkrieg“ (Walter Zischka) ein stehendes Kapitel gewesen.⁷⁵ Doch Synthese und „Ersatz“ in der Kriegsproduktion sowie der Krieg in seinen Auswirkungen auf die Umwelt sind bisher kaum thematisiert worden.⁷⁶

Stoffgeschichten

Aus der Kritik am mathematisierten Stoffstrommanagement und als Perspektive für eine transdisziplinäre Umweltforschung ist der Ansatz der „Stoff-

72 Peter Piasecki, Das deutsche Salinenwesen. Invention, Innovation, Diffusion, Idstein 1987, S. 216.

73 Adriaanse (wie Anm. 65), S. 32.

74 John F. Richards, *The Unending Frontier. An Environmental History of the Early Modern World*, Berkeley 2003, S. 4.

75 Ulrich Troitzsch, Technikgeschichte in der Forschung und in der Sachbuchliteratur während des Nationalsozialismus, in: Herbert Mehrrens u. Steffen Richter (Hg.), *Naturwissenschaft, Technik und NS-Ideologie. Beiträge zur Wissenschaftsgeschichte des Dritten Reiches*, Frankfurt/M. 1981, S. 215-242. S. auch Karsten Linne, Walter Pahl, Eine Gewerkschafter-Karriere, in: 1999. Zeitschrift für Sozialgeschichte des 20. und 21. Jahrhunderts 5, 1990, H. 3, S. 39-55; Heike Weber, Technikkonzeptionen in der populären Sachbuchliteratur des Nationalsozialismus. Die Werke von Anton Zischka, in: *Technikgeschichte* 66, 1999, S. 205-236.

76 Heinrich Rubner, Naturschutz, Forstwirtschaft und Umwelt in ihren Wechselbeziehungen besonders im NS-Staat, in: Kellenbenz (wie Anm. 14), S. 105-123; Helmut Maier, „Weiße Kohle“ versus Schwarze Kohle. Naturschutz und Ressourcenschonung als Deckmantel nationalsozialistischer Energiepolitik, in: *WerkstattGeschichte* 1992, S. 33-38; Joachim Radkau u. Frank Uekötter (Hg.), *Naturschutz und Nationalsozialismus*, Frankfurt/M. u. New York 2003.

geschichten“ am „Wissenschaftszentrum Umwelt“ der Universität Augsburg entwickelt worden.⁷⁷ Wie Böschen, Reller und Soentgen feststellen, hat sich der Blick bisher auf Gefahrenstoffe und das Management der Stoffströme gerichtet, eine generelle Perspektive für den Umgang mit Stoffen fehlte. Daher müsse man künftig über eine chemische bzw. naturwissenschaftliche Beschreibung hinausgehen und mit den Stoffgeschichten – im Sinne einer Anreicherung „kahler Objekte“ – eine Rekontextualisierung der Stoffe in gesellschaftliche Handlungszusammenhänge und Praxisdomänen vornehmen. Sergej Tretjakow hatte bereits in den 1920er Jahren „Biographien von Dingen“ gefordert, die „objektive Dinge“ (Wald, Brot, Kohle, Eisen, Flachs, Baumwolle, Papier) in den Mittelpunkt stellen sollten. In den „Stoffgeschichten“ solle daher der gesellschaftliche Umgang mit Stoffen durch verschiedene Zeiten und Situationen erzählt werden. Bei der Auswahl der Stoffe sei einerseits eine Identifizierung von Leitstoffen (z.B. Farbstoffe) möglich, andererseits solle die Auswahl der „Aktualität“ folgen und diejenigen Stoffe in den Blick nehmen, an denen „die Gesellschaft ein begründetes Interesse hat oder doch haben sollte“.⁷⁸ Das Format der Erzählung (narratio) zielt auf eine Ergänzung der Umweltforschung und richtet sich auch an ein breiteres Publikum. Nach Rottländer ist die Entwicklung einer solchen Darstellungsform wichtig, da bei interdisziplinärer Kooperation das größte Problem meist darin liegt, dass das Verstehen durch den Gebrauch der Fachsprachen behindert wird.⁷⁹ Bei einer solchen Querschnittsmaterie wird man die Verknüpfung allerdings nicht nur durch die narratio, sondern auch durch gemeinsame Problemorientierung erreichen können. Daher wird man auch nicht (wie das Konzept vorschlägt) ohne „jene plakativen Metaphern, die in der populären ökologischen Diskussion so beliebt sind (,ökologischer Fußabdruck‘, ,Stoffkreislauf‘, ,ökologischer Rucksack‘)“ auskommen können, zumal die Formulierung von Leitmotiven für die Stoffgeschichten erst angedacht ist und mehr auf die „natürlichen“ Eigenschaften der Stoffe zielt.⁸⁰

Perspektiven

Themen im Kontext der Stoffströme und Stoffgeschichten – wie Materialintensität, Energieeffizienz, Lebensdauer von Produkten, Reparatur, Recycling, Konstruktion, Konsum, Transport, Entsorgung etc. – könnten auch die technische Expertise bzw. die Ingenieurwissenschaften stärker ins Boot des Brückenfaches nehmen. Mit dem Recycling waren z.B. in den 1970er Jahren

77 Stefan Böschen, Armin Reller u. Jens Soentgen, Stoffgeschichten. Eine neue Perspektive für transdisziplinäre Umweltforschung, in: GAIA 13, 2004, S. 19-25. Vgl. z.B. die „Stoffgeschichte“ von Luitgard Marschall, Aluminium. Metall der Moderne, München 2008.

78 Böschen/Reller/Soentgen (wie Anm. 77), S. 24.

79 Elke Rottländer, Interdisziplinäre Kommunikation in der wissenschaftlichen Weiterbildung, in: Bayerl/Fuchsloch/Meyer (wie Anm. 36), S. 67-78.

80 Böschen/Reller/Soentgen (wie Anm. 77), S. 24.

große Hoffnungen verbunden. Richard Nixon sprach 1970 davon, dass „recycling of materials“ immer wichtiger werde und es bis 2000 gelingen müsse, die Ressourcen im Kreislauf zu führen. Das war in diesem Ausmaß eine Illusion, denn die technische Machbarkeit wurde stark überschätzt!⁸¹ Die praktischen Probleme lagen vor allem in den Stoffverlagerungen, -anreicherungen und -vermischungen. Probleme der Trennung (z.B. durch Beschichtung), Schadstoffeintrag und Miniaturisierung zogen und ziehen dem Recycling Grenzen. Zudem sind Sekundärrohstoffe meist von geringerer Qualität als Primärrohstoffe. Begriffe wie Screw-Cycling oder Down-Cycling geben den schlechter werdenden Qualitätszustand der Sekundärrohstoffe besser wieder als der Begriff „Recycling“, der das perpetuierende Wiederholen des Nutzungsprozesses suggeriert.⁸² Nachdem die technischen Probleme des Recyclings deutlich wurden, gewann die Forderung der Nachhaltigkeit (sustainability) an Bedeutung und generierte ein neues Leitbild: Reparieren statt Wegschmeißen! Der Trend der Verkürzung der Produktlebenszyklen sei am Ende, die meisten Produkte würden nicht unter Berücksichtigung von Demontage und Wiederverwendung konstruiert.⁸³ Doch die damit verbundenen Fragestellungen sind nur in Kooperation mit den Ingenieurwissenschaften zu beantworten; sie können dort auch zu einer kritischen Reflexion von Zielvorstellungen bzw. Zielvorgaben führen.

Hier ist kein Aufriss eines Forschungsprogramms intendiert, sondern es handelt sich um Überlegungen, die aus der eigenen Beschäftigung mit der Thematik kommen. Sie machen auch nur einen Teil der Konvergenz zwischen Technik- und Umweltgeschichte aus. Es geht auch nicht um den Anspruch, „zentrale“ Felder benennen oder definieren zu wollen, es geht mehr um Vorschläge: Die Thematik „Stoffströme“ (im weiten Sinne) ist ein weites Dach, das politisch-gesellschaftliche, wirtschaftliche, soziale, technische und globale Zusammenhänge umgreift und ein Set spannender, anschlussfähiger Fragestellungen bietet, für die die Technikgeschichte – im Sinne einer Konvergenz – gute Grundlagen gelegt und wichtige Beiträge geleistet hat.

Anschrift des Verfassers: Prof. Dr. Reinhold Reith, Fachbereich Geschichte, Wirtschafts- und Sozialgeschichte, Universität Salzburg, Rudolfskai 42, 5020 Salzburg, Österreich, E-Mail: reinhold.reith@sbg.ac.at

- 81 Egon Keller (Hg.), Abfallwirtschaft und Recycling. Probleme und Praxis, Essen 1977; Reinhold Reith, Recycling. Stoffströme in der Geschichte, in: Hahn/Reith (wie Anm. 5), S. 99-120; ders., Recycling im späten Mittelalter und der frühen Neuzeit. Eine Materialsammlung, in: Frühneuzeit-Info 14, 2003, S. 47-65; Roland Ladwig (Hg.), Recycling in Geschichte und Gegenwart, Freiburg 2003.
- 82 Werner Schenkel, Entstehung, Entsorgung und Wiederverwertung von Müll. Ein globales Problem, in: Werner Nachtigall u. Charlotte Schönbeck (Hg.), Technik und Natur, Düsseldorf 1994, S. 483-520, hier S. 505.
- 83 Reinhold Reith, Reparieren. Ein Thema der Technikgeschichte? in: Reith/Schmidt (wie Anm. 39), S. 139-161.