

Norbert Mertzsch

## **Der Lebenszyklus von Technologien im Rahmen der Allgemeinen Technologie I**

### **1 Vorbemerkungen**

Die systematische Betrachtung aller Phasen des Lebenszyklus („From cradle to grave“) von Technologien und der dazugehörigen Artefakte erfolgt entsprechend der von Klaus Hartmann aufgeführten Phasen des Lebenslaufs von Technologien (vgl. Hartmann 2014). Diese sind:

- Entwurf;
- Aufbau;
- Betrieb;
- Beseitigung.

Aus Sicht der Allgemeinen Technologie sind Lebenszyklusanalysen einer technologischen Anlage geeignet, Technologieschöpfern Hilfestellung bei der Gestaltung einer Anlage zu bieten und dem Betriebspersonal sowie Planern des Rückbaus der Anlage nach Nutzungsende wichtige Hinweise für ihre Aufgaben zu geben.

In diesem Beitrag, der auf einer umfangreicheren Arbeit aus dem Jahr 2017 basiert (vgl. Mertzsch 2017), soll der Schwerpunkt auf folgenden Punkten liegen:

- Inbetriebnahme von Technologien;
- Betrieb von Technologien;
- Außerbetriebnahme und Rückbau von Technologien.

Für die Schaffung neuer technischer Artefakte und ihrer Technologien sprechen vor allem wirtschaftliche Gründe:

- Herstellung eines neuen Produktes;
- Ersatz einer verschlissenen Anlage;
- Nutzung eines neuen Herstellungsverfahrens.

Auch rechtliche/politische Gründe können für die Inbetriebnahme einer neuen Technologie verantwortlich sein, z. B. wenn die bisher genutzte Technologie nicht mehr zulässig/gewollt ist. Als Beispiel kann der Ersatz von Kern- und Kohlekraftwerken durch von der Politik/Gesellschaft akzeptiertere Formen der Erzeugung von Elektroenergie, z. B. durch Windkraft und Photovoltaik, dienen.

Vor der Erst-Inbetriebnahme und dem Betrieb eines technischen Artefakts liegen die Methoden zur Technologievorbereitung sowie Konstruktion, Bau und Errichtung der notwendigen Technologie. Forschungs- und Entwicklungsmethoden zur Gestaltung von Technologien werden z. B. von Ernst-Otto Reher beschrieben (vgl. Reher 2014). Auf die dafür bedeutsamen Fragen der Kreativität wurde anlässlich des Symposiums „Von der Idee zur Technologie – Kreativität im Blickpunkt“ ausführlich eingegangen (vgl. Banse/Mertzsch 2019).

Neben technikwissenschaftlichen Aspekten spielen dabei auch naturwissenschaftliche, geisteswissenschaftliche und ökonomische Aspekte eine große Rolle. Dazu zählen u. a.:

- Bereitstellung der natur- und technikwissenschaftlichen Grundlagen für die Technologie;
- Bereitstellung naturwissenschaftlicher Grundlagen für Grenzwerte zugelassener Emissionen im Boden- und Gewässerschutz sowie Immissionschutz und Arbeitsschutz sowie die Diskussion und Festlegung dieser Grenzwerte;
- Nachhaltigkeit der Produktion und des Produktes;
- Erreichbarkeit des wirtschaftlichen Erfolges.

Der Technologieentwicklung folgend erfolgen die Schaffung und der Aufbau des technischen Artefakts entsprechend des Standes der natur- und technikwissenschaftlichen Erkenntnisse.

## **2 Inbetriebnahme von Technologien**

Mit der Erst-Inbetriebnahme beginnt der eigentliche Lebenslauf eines technischen Artefakts und damit der dazugehörigen Technologie.

In jedem Fall hat die Inbetriebnahme einer neuen Technologie und im Weiteren deren Betrieb vielfältige Konsequenzen, auch über die eigentlichen technischen/technologischen Schritte zur Inbetriebnahme hinaus, die bei der Planung zu berücksichtigen sind.

Zum einen ist rechtzeitig geeignetes Personal für die in Betrieb zu nehmende Anlage bereitzustellen und zu qualifizieren. Dieses Personal sollte

auch bei allen vorbereitenden Tätigkeiten eingesetzt werden, um so eine für den Betrieb notwendige Anlagenkenntnis zu erwerben. Als Möglichkeiten sind in Betracht zu ziehen, Personal von Vorgängeranlagen bzw. ähnlichen Anlagen umzusetzen oder neu eingestelltes Personal in ähnlichen Anlagen zu qualifizieren.

Andererseits sind für die neue Anlage die notwendigen Logistikketten aufzubauen. Dazu gehören vor allem die Versorgung mit Roh- und Hilfsstoffen sowie der Abtransport der Erzeugnisse und deren Vermarktung. Ebenso ist die Versorgung der Anlage mit Energie, Wasser und anderen Medien sicherzustellen. Für entstehende Betriebsabfälle sind Entsorgungswege abzustimmen. Für Nebenprodukte, die in anderen Anlagen als Rohstoffe genutzt werden können, sind entsprechende Nutzungsmöglichkeiten zu erschließen.

### *2.1 Vorbereitung der Erst-Inbetriebnahme*

Die Vorbereitung der Erst-Inbetriebnahme ist ein komplexer Prozess, der viele Facetten aufweist und bereits während der Montage der Anlage beginnen sollte (vgl. Weber 2006, S. 184–263).

Im Rahmen der Vorbereitung einer späteren problemlosen Inbetriebnahme der betreffenden Anlage sind bereits während der Montage der Anlage Kontrollen hinsichtlich einer ordnungsgemäßen Montage durchzuführen, um rechtzeitig Fehler und Mängel zu erkennen und abzustellen. Dabei geht es um Kontrollen der Montagedokumentation und der Bauausführung (z. B. Leitungsführung, eingesetztes Material, Schweißnähte, Einbau von Mess-, Steuer- und Regelungstechnik).

Wie eine Inbetriebnahme ausgeht, wenn so etwas nicht konsequent ausgeführt wird, konnte man an der um Jahre verspäteten Inbetriebnahme des Berliner Flughafens BER sehen.

Nach Abschluss der Montagearbeiten hat eine Reinigung der gesamten Anlage zu erfolgen. Im Weiteren erfolgen dann Funktionsprüfungen aller Anlagenteile. Das betrifft sowohl sämtliche verfahrenstechnische Komponenten wie auch die elektrotechnischen Anlagen und die Prozessleittechnik. Spätestens ab diesem Zeitpunkt ist das spätere Service-Personal des Anlagenbetreibers einzuarbeiten.

Parallel zu den Funktionsprüfungen sind die für den Anlagebetrieb notwendigen Betriebsstoffe in die betreffenden Aggregate zu füllen. Herstellervorgaben sind unbedingt zu beachten (z. B. für Schütthöhen und Mengen). Die Einhaltung der Herstellervorgaben ist zu dokumentieren. Anschließend sind die Reaktoren zu verschließen. Danach sind Adsorbentien bzw. Kataly-

satoren, soweit möglich, für den Einsatz vorzubereiten. Zum Befüllen mit Betriebsstoffen gehört auch das Auffüllen von ölführenden Systemen mit Öl. Nach Ausführung vorstehend genannter Arbeiten wird die Anlage verschlossen und es erfolgt eine Dichtheitsprüfung der gesamten Anlage.

Nach bestandener Dichtheitsprüfung ist die Anlage als mechanisch fertiggestellt zu betrachten. Alle Maßnahmen zur Vorbereitung der Inbetriebnahme sind damit abgeschlossen.

## 2.2 *Eigentliche Inbetriebnahme*

Ab diesem Zeitpunkt beginnt die eigentliche Inbetriebnahme der Anlage, die letztendlich in den bestimmungsgemäßen Betrieb der Anlage übergeht. Bei aller Unterschiedlichkeit der Verfahren und Anlagen können nach Klaus H. Weber für unterschiedliche Anlagen auch hier Gemeinsamkeiten dargestellt werden (vgl. Weber 2006, S. 274–350).

Das Anfahren der Anlage ist der Beginn der Inbetriebnahme der Anlage mit Rohstoffen bis zum Produkt. Die Anlage wird dabei üblicherweise in einen stabilen Teillastbereich gebracht. Ist ein stabiler Anlagenbetrieb erreicht, können kleinere technisch-technologische Mängel behoben und Funktionsprüfungen unter Betriebsbedingungen durchgeführt werden.

Anschließend wird der Durchsatz der Anlage auf Nennlast erhöht. Sind die Parameter des vorgesehenen Normalbetriebs erreicht, erfolgen die vollständige Inbetriebnahme und Optimierung des Prozessleitsystems, die Einstellung der Produktqualität, die Ermittlung und Bilanzierung spezifischer Verbräuche, die Ermittlung von Anlagenmängeln und die Einarbeitung des Betriebspersonals. Läuft die Anlage im Normalbetrieb stabil, werden in der Phase der Erst-Inbetriebnahme die Kapazitätsreserven der Anlage ermittelt sowie Messungen bei verschiedenen Betriebszuständen und Überprüfungen zur späteren Absicherung des Leistungsnachweises der Anlage durchgeführt.

Zur technischen Vorbereitung des Garantieversuchs werden an der Anlage festgestellte Mängel, z. B. an den Ausrüstungen der Anlage, behoben. Anschließend wird die Anlage ohne weitere zusätzliche Zwischenschritte in den Normalbetriebszustand gebracht und der Leistungsnachweis der Anlage erbracht.

Mit der erfolgreichen Durchführung des Leistungsnachweises endet die Erst-Inbetriebnahme der Anlage. Diese geht in das Eigentum des Auftraggebers über und nimmt den Normalbetrieb auf. Um Rechtssicherheit für alle Beteiligten der Erst-Inbetriebnahme einer Anlage zu gewährleisten, sind alle Arbeitsschritte und Abnahmen der Vorbereitung der Inbetriebnahme und der eigentlichen Inbetriebnahme der Anlage zu dokumentieren. Ebenso

sind die Verantwortlichkeiten und Befugnisse für die einzelnen Arbeitsschritte der Erst-Inbetriebnahme klar zu regeln.

### **3 Betrieb von Technologien**

Der Betrieb des technischen Artefakts und der dazugehörigen Technologie beinhaltet nach der Übernahme der Anlage durch den Betreiber vor allem den Normalbetrieb der Anlage. In diesem erfolgt die Herstellung des Produkts, für das die Anlage vorgesehen ist. Er ist entscheidend für den wirtschaftlichen Erfolg der getätigten Investition. Dabei ist die Anlage regelmäßig zu kontrollieren und zu warten. Die Versorgung mit Ausgangsstoffen, Betriebsstoffen und Energie muss ständig gewährleistet sein. Gleiches gilt für den Abtransport des Produktes sowie der Nebenprodukte und Betriebsabfälle.

An- und Abfahrvorgänge werden vorrangig für Kontroll-, Wartungs- und Reparaturmaßnahmen ausgeführt, die nicht bei laufendem Betrieb erfolgen können. Diese sind dann unter Beachtung wesentlicher Maßnahmen, die auch bei der Erstinbetriebnahme auszuführen sind, durchzuführen. In diese planmäßigen Anlagenstillstände sind dann auch Erneuerungen von Betriebsstoffen und gegebenenfalls von Adsorbentien bzw. Katalysatoren einzuordnen.

Abfahrvorgänge können auch bei Betriebsstörungen, die einen Normalbetrieb nicht mehr gewährleisten, erfolgen, denen sich dann die entsprechenden Reparaturen anschließen. Um solche Betriebsstörungen möglichst gut zu beherrschen, setzen Betreiber großer verfahrenstechnischer und energie-technischer Anlagen für diese Trainingssimulatoren ein (vgl. z. B. Hentschel 2000; SKW 2020a).

Um den Betrieb einer Anlage über einen möglichst langen Zeitraum zu gewährleisten, werden nach Ernst-Otto Reher für laufende Anlagen in vielen Fällen ausgeführt (vgl. Reher 2014):

- Betriebsforschung und -entwicklung;
- Substitution technologischer Elemente (Rationalisierungsmaßnahmen);
- Kapazitätserweiterungen durch Forschungs- und Entwicklungsarbeiten.

Als Beispiel für eine ständige Modernisierung eines technischen Artefakts innerhalb seiner Lebensdauer können die 1973/1974 errichteten Ammoniakanlagen am Chemiestandort Piesteritz dienen. So wurde bereits in den 1980er Jahren durch umfangreiche Anlagenänderungen eine Leistungssteigerung um 10 % bei gleichem Erdgasverbrauch erreicht. Ebenso wurde das Prozessleitsystem von analog auf digital umgestellt (vgl. Lenz 2015). Nach weiteren Rationalisierungsmaßnahmen, die 2017 abgeschlossen wurden,

kann mit weiter verringertem Energieeinsatz mehr Ammoniak produziert werden (vgl. SKW 2020b).

Während des Betriebes einer Anlage und in Instandhaltungszeiten sind ständig die für den Anlagenbetrieb geltenden Anforderungen aus Genehmigungen und Vorschriften einzuhalten. Änderungen in diesen Bereichen können sich auf den Anlagenbetrieb nachhaltig auswirken (z. B. Nachrüstpflichten in den Bereichen Arbeitsschutz, Gewässerschutz oder Immissionsschutz).

Auch bei zukünftigen Industrie 4.0-Anwendungsszenarien ist die Sicherheit der Beschäftigten beim Betrieb von Anlagen und in der Instandhaltung in jedem Fall zu gewährleisten. Dazu müssen auf Grund des hohen Vernetzungsgrades neben den bisher berücksichtigten sicherheitstechnischen Aspekten der funktionalen Sicherheit in verstärktem Maße die industrielle Angriffssicherheit (Security) sowie deren Wechselwirkungen untereinander betrachtet werden (vgl. Kasper/Voss 2018).

#### **4 Außerbetriebnahme und Rückbau von Technologien**

Die dauerhafte Außerbetriebnahme und der anschließende Rückbau einer technologischen Anlage beenden den Lebenslauf eines technischen Artefakts und damit der dazugehörigen Technologie (vgl. Fratzscher 2008).

Für die dauerhafte Außerbetriebnahme einer Technologie und den Rückbau der technischen Anlagen gibt es vielfältige Gründe. Die wichtigsten werden sein:

- Wirtschaftliche Gründe, z. B.:
  - Das erzeugte Produkt ist nicht mehr verkaufbar;
  - das Produkt kann durch innovative Technologien kostengünstiger hergestellt werden;
  - Geschäftsaufgabe des Unternehmens;
- technische Gründe, z. B.:
  - Die Anlage hat ihre geplante Lebensdauer erreicht und eine Modernisierung lohnt nicht;
  - die Anlage hat sich nicht bewährt;
- rechtliche/politische Gründe, z. B.:
  - Die rechtlichen Anforderungen an den Betrieb haben sich soweit geändert, dass eine Nachrüstung wirtschaftlich nicht vertretbar ist;
  - politische Entscheidungen machen eine Außerbetriebnahme zwingend (z. B. im Bereich der Kerntechnik und der Kohleverstromung).

In jedem Fall haben die dauerhafte Außerbetriebnahme und der Rückbau einer technischen Anlage vielfältige Konsequenzen, auch über die eigentliche Maßnahme hinaus, die bei der Planung des Vorhabens zu berücksichtigen sind.

Zum einen ist zu klären, wie das bisher für die Anlage zuständige Personal weiter einzusetzen ist. Als Möglichkeiten sind in Betracht zu ziehen die Beschäftigung beim Rückbau der Anlage (dieser Weg wird in der Kerntechnik vielfach gegangen), die Qualifizierung für den Betrieb einer möglichen Nachfolgeanlage oder Umsetzung zu einer anderen Aufgabe im Betrieb. Im Fall einer anstehenden Betriebsaufgabe kann auch als letzte Konsequenz die Entlassung der Mitarbeiter stehen.

Zum anderen ändern sich alle bestehenden Logistikketten. Die Versorgung mit Rohstoffen sowie der Abtransport der Erzeugnisse entfallen für den Standort der Anlage. Die Versorgung der Anlage mit Energie, Wasser und anderen Medien wird nicht mehr benötigt. Ebenso entfallen Betriebsabfälle oder Nebenprodukte, die in anderen Anlagen als Rohstoffe genutzt wurden. Bestehende Wartungsverträge für die Anlage bzw. Anlagenteile sind rechtzeitig zu kündigen.

#### *4.1 Außerbetriebnahme*

Während die Pflichten der Betreiber von Anlagen für die Inbetriebnahme und den Betrieb durch die Betriebssicherheitsverordnung (vgl. BetrSichV 2015) festgelegt sind, werden an die dauerhafte Außerbetriebnahme keine konkreten Anforderungen gestellt, obwohl hierbei zum Schutz der Arbeitnehmer und der Umwelt die gleichen Anforderungen zu stellen sind.

Für erlaubnis- und genehmigungsbedürftige Anlagen können jedoch die zuständigen Behörden konkrete Anforderungen an die Betreiber stellen (vgl. BbgWG 2017; BImSchG 2016). In jedem Fall ist die Außerbetriebnahme einer genehmigungspflichtigen Anlage bei der zuständigen Behörde anzuzeigen.

Für Kernkraftwerke, deren Errichtung und Betrieb nach dem Atomgesetz genehmigt wurde, ist auch die dauerhafte Außerbetriebnahme genehmigungbedürftig (vgl. AtG 2020).

Die dauerhafte Außerbetriebnahme einer Anlage für den Rückbau wird als Überführung der Anlage aus dem Dauerbetriebszustand/Nennzustand in einen Endzustand definiert. Die Anlage wird kalt gefahren, drucklos gemacht und entleert (vgl. Weber 2006, S. 339). Das Entleeren der Anlage betrifft nicht nur Einsatzstoffe, Zwischenprodukte und Endprodukte, sondern auch Betriebsmedien wie Wärmeübertrager und Öle. Mit dem Ab-

schluss der Arbeiten muss der Nachweis erbracht werden, dass der Rückbau der Anlage gefahrlos möglich ist.

Bei allen Unterschieden von technischen Anlagen lässt sich für die dauerhafte Außerbetriebnahme eine zu verallgemeinernde Verfahrensweise ableiten:

- Beendigung des Leistungsbetriebes;
- Kaltfahren und drucklos machen der Anlage; dabei gegebenenfalls weitere Vorbereitungen zur Entleerung (z. B. Oxidation von Katalysatoren, Ausführung von Dekontaminationen);
- Entleerung der Anlage (Entfernung von Betriebsmedien, Einsatzstoffen, Zwischenprodukten, Endprodukten, Katalysatoren oder Kernbrennstoffen);
- Spülung von Rohrleitungen und Behältern in Vorbereitung auf den Rückbau.

Diese Maßnahmen, die im Rahmen der dauerhaften Außerbetriebnahme einer Anlage durchzuführen sind, sind im Vorfeld genau zu planen, damit diese möglichst effektiv durchgeführt werden können.

#### 4.2 Rückbau

Beim Rückbau von technischen Anlagen ist aufgrund der notwendigen Einbeziehung von Aspekten des Arbeitsschutzes, der Ökologie und der Ökonomie immer der Einfluss der naturalen, sozialen und humanen Dimension der Technologie gegeben (vgl. Reher/Banse 2008), so dass sich bei aller Unterschiedlichkeit der Anlagen ein allgemeiner Verfahrensablauf beschreiben lässt. Die entsprechenden Arbeitsschritte sind:

- Planung der Rückbautätigkeit;
- Rückbau der technischen Anlage und der Gebäude;
- Entsorgung der Abfälle.

Um den Rückbau einer technischen Anlage effizient zu gestalten, sollten die Anforderung des Rückbaus bereits bei der Planung neuer Anlagen Berücksichtigung finden. Das ist bisher noch nicht verwirklicht, da bisher immer der optimale Anlagenbetrieb im Focus stand.

Am Anfang der Planung der Rückbauarbeiten steht die Ermittlung aller zu erwartenden Gefährdungen (vgl. Rehtanz 1994). Verantwortlich für die Durchführung dieser Arbeiten ist der Bauherr.

Abbruch- und Rückbauarbeiten gehören zu den gefährlichsten Tätigkeiten, die im Baugewerbe ausgeführt werden (vgl. Gabriel et. al. 2010). Ab-



brucharbeiten sind deshalb nur von erfahrenen Fachleuten unter sachkundiger Leitung auszuführen. Um Personal für solche Arbeiten zu qualifizieren, wurde der Beruf „Bauwerksmechaniker/in für Abbruch und Betontrenntechnik“ als dreijähriger anerkannter Ausbildungsberuf in der Industrie eingeführt.<sup>1</sup>

Die Planung von Arbeiten zum Rückbau technischer Anlagen hat die Anforderungen der verschiedensten Rechtsgebiete, wie z. B. Arbeitsschutzrecht und der verschiedenen Gebiete des Umweltschutzrechtes, zu erfüllen. Um den Rückbau einer technischen Anlage unter Beachtung aller gesetzlichen Anforderungen ausführen zu können, müssen Auftraggeber, Planer und Auftragnehmer aller Maßnahmen eng zusammenarbeiten. Auf der Basis dieser Erkenntnisse ist dann die Vorgehensweise beim Rückbau zu planen. Diese ist in einer schriftlichen Abbrucharweisung festzuhalten (vgl. DGUV Vorschrift 38, 2020), in der für jeden Rückbauschritt die anzuwendende Technologie, alle notwendigen Sicherheitsmaßnahmen sowie die Entsorgungswege festgelegt sind.

Für den Rückbau technischer Anlagen stehen umfangreiche Abbruchverfahren zur Verfügung, die entsprechend der vorliegenden Einsatzbedingungen ausgewählt werden (vgl. Toppel 2003).

Dem Rückbau der betroffenen Anlage schließt sich in viele Fällen eine Sanierung des Standortes an, da besonders bei älteren Anlagen schädliche Bodenveränderungen nicht auszuschließen sind (vgl. BBodSchG 2017).

## **Literatur**

- AtG (2020): Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren (Atomgesetz – AtG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 15. Juli 1985 (BGBl. I S. 1565), zuletzt geändert durch Art. 239 V v. 19.06.2020 I 1328. – URL: <https://www.gesetze-im-internet.de/atg/BJNR008140959.html>
- Banse, G.; Mertzsch, N. (Hg.) (2019): Von der Idee zur Technologie – Kreativität im Blickpunkt. Berlin (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften, Bd. 138)
- BbgWG (2017): Brandenburgisches Wassergesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 02. März 2012, GVBl. I/12 Nr. 20, zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 04.12.2017. – URL: <https://bravors.brandenburg.de/gesetze/bbgwg>

---

1 Vgl. [https://berufenet.arbeitsagentur.de/berufenet/faces/index;BERUFENETJSESSIONID=vrUACfLU4IcFEQQcNcxkLwnbIH15ky6BtzLiQ0zXMKpZpE\\_FV0fZ!1225561035?path=null/suchergebnisse/kurzbeschreibung&dkz=27304&such=bauwerksmechaniker](https://berufenet.arbeitsagentur.de/berufenet/faces/index;BERUFENETJSESSIONID=vrUACfLU4IcFEQQcNcxkLwnbIH15ky6BtzLiQ0zXMKpZpE_FV0fZ!1225561035?path=null/suchergebnisse/kurzbeschreibung&dkz=27304&such=bauwerksmechaniker).

- BBodSchG (2017): Bundes-Bodenschutzgesetz vom 17. März 1998 (BGBl. I S. 502), das zuletzt durch Artikel 3 Absatz 3 der Verordnung vom 27.09.2017 (BGBl. I S. 3465) geändert worden ist. – URL: <https://www.gesetze-im-internet.de/bbodschg/BBodSchG.pdf>
- BetrSichV (2015): Betriebssicherheitsverordnung – BetrSichV –. Gültig ab 01. Juni 2015. – URL: [https://www.gesetze-im-internet.de/betrSichV\\_2015/index.html](https://www.gesetze-im-internet.de/betrSichV_2015/index.html)
- BImSchG (2019): Bundes-Immissionsschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 26. September 2002 (BGBl. I S. 3830) zuletzt geändert durch Gesetz vom 08.04.2019 (BGBl. I S. 432) m. W. v. 12.04.2019. – URL: <https://dejure.org/gesetze/BImSchG>
- DGVU Vorschrift 38 (2020): Unfallverhütungsvorschrift Bauarbeiten. Gültig ab 01. April 2020. – URL: [https://www.bgbau.de/fileadmin/Medien-Objekte/Medien/DGUV-Vorschriften/38\\_BGV\\_C22\\_38.pdf](https://www.bgbau.de/fileadmin/Medien-Objekte/Medien/DGUV-Vorschriften/38_BGV_C22_38.pdf)
- Fratzscher, W. (2008): Technikwissenschaften und Technologie. In: Banse, G.; Reher, E.-O. (Hg.): Allgemeine Technologie – verallgemeinertes Fachwissen und konkretisiertes Orientierungswissen zur Technologie. Berlin 2008, S. 127–135 (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften, Bd. 99)
- Gabriel, St.; Hofert, R.; Steinborn, V. (2010): Arbeitsschutz bei Abbrucharbeiten. Hg. v. d. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA). Dortmund. – URL: [https://www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Praxis/A22.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=1](https://www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Praxis/A22.pdf?__blob=publicationFile&v=1)
- Hartmann, K. (2014): Technologien – Elemente der Produktionssphäre. In: Banse, G.; Reher, E.-O. (Hg.): Beiträge zur Allgemeinen Technologie. Berlin, S. 51–82 (Abhandlungen der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften, Bd. 36)
- Hentschel, G. (2000): Kernkraftwerk Rheinsberg. In: Liewers, P.; Abele, J.; Barkleit, G. (Hg.): Zur Geschichte der Kernenergie in der DDR. Frankfurt/M., S. 163–220
- Kasper, B.; Voss, S. (2018): Neue Anforderungen an die Sicherheitsnachweisführung von Maschinen und Anlagen im Kontext von Industrie 4.0. In: sicher ist sicher, Nr. 09, S. 368–371
- Lenz, L. (2015): Die Entwicklung der Ammoniakherzeugung in Mitteldeutschland – eine Erfolgsgeschichte. In: SKW Stickstoffwerke Piesteritz GmbH (Hg.): 100 Jahre Chemiestandort Piesteritz – Prozesse und Produkte. Lutherstadt Wittenberg, S. 129–158
- Mertzsch, N. (2017): Lebenslauf technischer Artefakte und dazugehöriger Technologien. In: Fleischer, L.-G.; Meier, B. (Hg.): Technik & Technologie – *technè cum episteme et commune bonum*. Berlin, S. 147–164 (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften, Bd. 131)
- Reher, E.-O. (2014): Forschungs- und Entwicklungsmethoden zur Gestaltung von Technologien. In: Banse, G.; Reher, E.-O. (Hg.): Beiträge zur Allgemeinen Technologie. Berlin, S. 83–128 (Abhandlungen der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften, Bd. 36)
- Reher, E.-O.; Banse, G. (2008): Der Einfluss der naturalen, sozialen und humanen Dimension der Technologie auf den Prozess-Stufenmodul der Materialtechnik mit dem Ziel der Herausbildung einer allgemeinen Prozesstechnik. In: Banse, G.; Reher, E.-O. (Hg.): Allgemeine Technologie – verallgemeinertes Fachwissen und konkretisiertes Orientierungswissen zur Technologie. Berlin, S. 71–103 (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften, Bd. 99)
- Rehtanz, H. (1994): Arbeits- und Umweltschutzanforderungen bei Rückbau, Demontage und Abriß von gefahrstoffbelasteten Industrieanlagen. In: Umwelttechnik FORUM, Jg. 9, Nr. 3, S. 14

- SKW Stickstoffwerke Piesteritz GmbH (2020a): Entwicklung des Chemiestandortes Piesteritz. Piesteritz. – URL: <https://www.skwp.de/unternehmen/unternehmensprofil/historie/>
- SKW Stickstoffwerke Piesteritz GmbH (2020b): Wir modernisieren unsere Anlagen ständig. Piesteritz. – URL: <https://www.skwp.de/unternehmen/investitionen/in-ein-modernes-unternehmen/>
- Toppel, C. O. (2003): Technische und ökonomische Bewertung verschiedener Abbruchverfahren im Industriebau. Darmstadt. – URL: <http://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/epda/000439/dissertation.pdf>
- Weber, K. H. (2006): Inbetriebnahme verfahrenstechnischer Anlagen. Praxishandbuch mit Checklisten und Beispielen. Berlin u.a.O.