

Norbert Mertzsch

Lebenslauf technischer Artefakte und dazu gehöriger Technologien

Abstract

Technische Artefakte und die dazu gehörigen Technologien besitzen eine zeitlich begrenzte Lebensdauer. Ihre Schaffung, Nutzung und Beseitigung hängen vom Stand von Wissenschaft und Technik, aber auch von den gesellschaftlichen Rahmenbedingungen ab.

In diesem Beitrag soll verallgemeinernd auf die Methoden der Technologieausführung Inbetriebnahme von technischen Artefakten mit zugehörigen Technologien, deren Betrieb sowie Außerbetriebnahme und Rückbau eingegangen werden.

Für die Inbetriebnahme neuer technischer Artefakte, deren Betrieb aber auch die Außerbetriebnahme und den zugehörigen Rückbau sprechen vor allem wirtschaftliche Gründe. Auch rechtliche/politische Gründe können für die Außerbetriebnahme eines technischen Artefakts mit bisher genutzten Technologie und die Inbetriebnahme neuer technischer Artefakte mit zugehörigen Technologien verantwortlich sein, z.B. wenn die bisher genutzte Technologie nicht mehr zulässig/gewollt ist.

1 Vorbemerkungen

Technische Artefakte und die dazu gehörigen Technologien besitzen eine zeitlich begrenzte Lebensdauer. Ihre Schaffung, Nutzung und Beseitigung hängen vom Stand von Wissenschaft und Technik, aber auch von den gesellschaftlichen Rahmenbedingungen ab.

In Anlehnung an einen angedachten Technologieführer (vgl. Banse/Reher 2014), der bisher nicht zur Ausführung kam, soll hier verallgemeinernd auf die Methoden der Technologieausführung

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

eingegangen werden.

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 Kernkraftwerken durch von der Politik/Gesellschaft akzeptierten Formen der Erzeugung von Elektroenergie 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 Reher (vgl. Reher 2014) beschrieben. Neben technikwissenschaftlichen Aspekten spielen dabei auch naturwissenschaftliche und geisteswissenschaftliche 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,
- Diskussion und Festlegung o.g. Grenzwerte.

Der Technologieentwicklung folgend erfolgt die Schaffung und der Aufbau des technischen Artefakts entsprechend des Standes natur- und technikwissenschaftlicher 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 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 zunehmende 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 neueingestelltes Personal in ähnlichen Anlagen zu qualifizieren.

Weiterhin 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. Dazu gehören nach Weber (Weber 2006a, S. 184ff.):

- Montagekontrollen der Anlage
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).
- Reinigungsarbeiten der Anlagenkomponenten und der Gesamtanlage
Nach Abschluss der Montagearbeiten hat eine Reinigung aller Anlagenteile zu erfolgen. Dazu sind die mechanische Reinigung, das Ausblasen von Leitungen, das Spülen von Anlagenteilen und gegebenenfalls die chemische Reinigung von Anlagenteilen zu zählen. Bei diesen Arbeiten ist darauf zu achten, dass sich dadurch der Anlagenzustand nicht verschlechtert z.B. durch den Einsatz ölhaltiger Druckluft. Auch nach der Reinigung ist Sorge zu tragen, dass sich der Anlagenzustand nicht wieder verschlechtert (z.B. Belastung gebeizter Austenitteile mit Chloridionen durch Berühren mit der Hand).
- Funktionsprüfungen
Im Weiteren erfolgen dann Funktionsprüfungen aller Anlagenteile. Das betrifft sowohl sämtliche Maschinen wie auch Ventile, die elektrotechnischen Anlagen und die Prozessleittechnik.

- Befüllen mit Betriebsstoffen
Parallel zu den Funktionsprüfungen sind für den Anlagebetrieb notwendige Betriebsstoffe in die betreffenden Aggregate zu füllen. Das betrifft Adsorbentien und Katalysatoren, die in die betreffenden Reaktoren bzw. Behälter zu füllen sind. Herstellervorgaben sind unbedingt zu beachten (z.B. für Schütthöhe und Mengen). Die Einhaltung der Herstellervorgaben ist zu dokumentieren. Anschließend sind die Reaktoren zu verschließen und bei der Befüllung entstandene Stäube soweit möglich auszublasen. Danach sind Adsorbentien bzw. Katalysatoren, soweit möglich, für den Einsatz vorzubereiten (z.B. Trocknung von Adsorbentien, Reduktion von Katalysatoren). Zum Befüllen mit Betriebsstoffen gehört auch das Auffüllen von ölführenden Systemen mit Öl.
- Dichtheitsprüfung
Nach Ausführung vorstehend genannter Arbeiten wird die Anlage verschlossen und es erfolgt eine Dichtheitsprüfung der gesamten Anlage. Diese Prüfung erfolgt überwiegend mit Druckluft. In Fällen, wo eine Inertisierung zwingend erforderlich ist (z.B. in Bereichen mit bereits reduzierten Katalysatoren), kann diese auch mit Stickstoff erfolgen. Bei Anlagen, die hohe Reinheitsanforderungen haben, wie in der Mikroelektronik, kann es auch erforderlich sein, die Inertisierung mit späteren Prozessgasen durchzuführen.

Nach bestandener Druckprüfung 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 Weber (Weber 2006b, S. 274ff.) für unterschiedliche Anlagen Gemeinsamkeiten dargestellt werden. Dazu gehören:

- Anfahren der Anlage
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. In das Anfahren der Anlage kann auch die Betriebsvorbereitung von Adsorbentien und Katalysatoren eingeordnet sein, wenn diese Maßnahmen vor dem Anfahren der Anlage nicht erledigt werden konnten.

- Stabilisieren der Anlage
Es wird ein stabiler Anlagenbetrieb hergestellt. Dazu werden kleinere technisch-technologische Mängel behoben und Funktionsprüfungen unter Betriebsbedingungen durchgeführt.
- Hochfahren der Anlage
Der Durchsatz der Anlage wird auf Nennlast erhöht. Dabei werden im wesentlichen die Parameter für den Normalbetrieb eingestellt und der Anlagenzustand stabilisiert.
- Einfahren der Anlage
Für die Anlage werden die Parameter des vorgesehenen Normalbetriebs eingestellt. In dieser Betriebsperiode 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 die Phase der Erst-Inbetriebnahme die Kapazitätsreserven der Anlage ermittelt sowie Messungen bei verschiedenen Betriebszuständen und Überprüfungen zur späteren Absicherung des Leistungsnachweises der Anlage durchgeführt.
- Abfahren der Anlage
Die Anlage wird dabei aus dem Normalbetrieb soweit nötig in einen sicheren, nichtproduzierenden Zustand gebracht, der die Abstellung kleinerer Mängel an der Anlage erlaubt. Sollte das nicht ausreichen, ist eine vollständige Außerbetriebnahme durchzuführen.
- Technische Vorbereitung des Garantieversuchs
An der Anlage festgestellte Mängel z.B. an Dichtungen, Ventilen oder Komponenten der Prozessleittechnik werden behoben. Dabei wird das spätere Service-Personal des Anlagenbetreibers eingearbeitet.
- Wiederanfahen der Anlage
Die Anlage wird ohne weitere zusätzliche Zwischenschritte in den Normalbetriebszustand gebracht.
- Optimieren des Anlagenbetriebs
Dabei wird die Wirksamkeit der nach dem Abfahren der Anlage durchgeführten Maßnahmen überprüft. Die Anlage wird im vertraglich vereinbarten Zustand gefahren. Es erfolgt ein interner Test für den Leistungsnachweis.
- Leistungsnachweis der Anlage
Mit der erfolgreichen Durchführung des Leistungsnachweises endet die Erst-Inbetriebnahme der Anlage.

2.3 Organisatorische/Rechtliche Probleme

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.

Mit der Abnahme der erfolgreichen Durchführung des Leistungsnachweises endet die Erst-Inbetriebnahme der Anlage. Diese geht in das Eigentum des Auftraggebers über und nimmt den Normalbetrieb auf.

Die Pflichten der Betreiber von Anlagen sind für deren Inbetriebnahme und den Betrieb in der Betriebssicherheitsverordnung (vgl. BetrSichV 2015) festgelegt. So müssen überwachungsbedürftige Anlagen nach dem Stand der Technik montiert, installiert und betrieben werden. Darüber hinaus bedürfen Montage, Installation und Betrieb dieser Anlagen gemäß § 18 BetrSichV 2015 der Erlaubnis der zuständigen Behörde.

Vor Beginn der Inbetriebnahme einer Anlage sind gemäß § 3 BetrSichV 2015 die auftretenden Gefährdungen zu beurteilen und daraus notwendige und geeignete Schutzmaßnahmen abzuleiten.

Weiterhin muss zu Beginn der Erst-Inbetriebnahme sichergestellt sein, dass gegebenenfalls notwendige Genehmigungen nach weiteren Gesetzen bzw. nachgeordneter Verordnungen vorliegen. Das betrifft insbesondere:

- Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG),
- Wasserhaushaltsgesetz (WHG),
- Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG),
- Baugesetzbuch (BauGB),
- Chemikaliengesetz (ChemG)
- Atomgesetz (AtG).

Besondere Aufmerksamkeit ist auch der Datensicherheit zu schenken. So ist darauf zu achten, dass im Rahmen der Inbetriebnahme der Anlage keine Schadsoftware in das Prozessleitsystem gelangen kann. Bei der Inbetriebnahme von Fernwartungssoftware über das Internet sind hohe Sicherheitsstandards zu beachten.

3 Betrieb von Technologien

Der Betrieb des technischen Artefakts und der dazugehörigen Technologie beinhaltet nach der Übernahme der Anlage durch den Betreiber:

- den Normalbetrieb der Anlage
Im Normalbetrieb der Anlage erfolgt die Herstellung des Produktes für das die Anlage vorgesehen ist. 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 der Anlage
An- und Abfahrvorgänge werden vorrangig für Kontroll-, Wartungs- und Reparaturmaßnahmen ausgeführt. Abfahrvorgänge können auch bei Betriebsstörungen, die einen Normalbetrieb nicht mehr gewährleisten, erfolgen.
- Kontroll-, Wartungs- und Reparaturmaßnahmen an der Anlage
Diese Maßnahmen sind bei planmäßigen Anlagenstillständen auszuführen. In diese sind dann auch Erneuerungen von Betriebsstoffen und gegebenenfalls von Adsorbentien bzw. Katalysatoren einzuordnen.
Diese Maßnahmen sind auch auszuführen, wenn die Anlage infolge einer Betriebsstörung abgefahren wurde.

Um den Betrieb einer Anlage über einen möglichst langen Zeitraum zu gewährleisten, werden nach Reher (Reher 2014, S. 83ff.) für laufende Anlagen in vielen Fällen ausgeführt:

- 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, S. 129ff.). Nach weiteren Rationalisierungsmaßnahmen plant der Betreiber der Anlagen auch derzeit eine deutliche Effizienzsteigerung einer Anlage (vgl. SKW 2016).

Während des Betriebes einer Anlage sind ständig die für den Anlagenbetrieb geltenden Anforderungen aus Genehmigungen und Vorschriften einzuhalten. Änderungen in diesem Bereich können sich auf den Anlagenbetrieb nachhaltig auswirken (z.B. Nachrüstungen im Bereich Gewässerschutz oder Immissionsschutz).

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. Fratscher 2008, S. 127ff.; Mertzsch 2014, S. 349ff.). Bei der Ausführung der notwendigen Maßnahmen spielen, wie bei Schaffung und Betrieb der technischen Artefakte, neben technikwissenschaftlichen Aspekten auch naturwissenschaftliche und geisteswissenschaftliche Aspekte eine große Rolle. Dazu zählen u.a.:

- Bereitstellung der naturwissenschaftlichen Grundlagen für neue Rückbautechnologien,
- Bereitstellung naturwissenschaftlicher Grundlagen für Grenzwerte im Boden- und Gewässerschutz sowie Arbeitsschutz,
- Diskussion und Festlegung o.g. Grenzwerte.

Für die dauerhafte Außerbetriebnahme einer Technologie und den Rückbau der technischen Anlagen gibt es vielfältige Gründe. Dazu gehören:

- wirtschaftliche Gründe,
- technische Gründe,
- rechtliche/politische Gründe.

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.

So 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.

Weiterhin ändern sich alle bestehenden Logistikketten. Die Versorgung mit Rohstoffen sowie der Abtransport der Erzeugnisse entfällt 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 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 keinen 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 2016; 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 genehmigungsbedürftig (vgl. AtG 2016, S. 9).

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 2006c, S. 339).

Das Entleeren der Anlage betrifft nicht nur Einsatzstoffe, Zwischenprodukte und Endprodukte, sondern auch Betriebsmedien wie Wärmeträger und Öle. Mit dem Abschluss 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 Korbrennstoffen),
- 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, S. 71ff.), so dass sich eine allgemeine Rückbautechnik ableiten lassen könnte.

- Planung der Rückbautätigkeit,
- Erstellung der Abbruchanweisung,
- 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.

Abbruch- und Rückbauarbeiten gehören zu den gefährlichsten Tätigkeiten, die im Baugewerbe ausgeführt werden (vgl. Gabriel et al. 2010). Abbrucharbeiten sind deshalb nur von erfahrenen Fachleuten unter sachkundiger Leitung auszuführen.

Die Planung von Arbeiten zum Rückbau technischer Anlagen hat die Anforderungen verschiedenster Rechtsgebiete, z.B.

- Baurecht,
- Umweltrecht (Immissionsschutz, Wasserrecht, Abfallrecht, Bodenschutzrecht),
- Arbeitsschutzrecht,
- Chemikalienrecht,
- Strahlenschutzrecht

zu berücksichtigen (vgl. Lippok 2007, S. 109ff.).

Um den Rückbau einer technischen Anlage unter Beachtung aller gesetzlichen Anforderungen ausführen zu können, müssen Auftraggeber, Planer und Auftragnehmer aller Maßnahmen eng zusammenarbeiten.

Für den Rückbau von Anlagengebäuden ist ein im Landesrecht festgeschriebenes Verwaltungsverfahren durchzuführen. Für dieses ist der Bauherr verantwortlich. Eine Pflicht zum Rückbau von Gebäuden besteht bisher im Allgemeinen nicht. Bei erlaubnis- oder genehmigungsbedürftigen Anlagen können jedoch die zuständigen Behörden konkrete Anforderungen an die Betreiber stellen (vgl. BbgWG 2016; BImSchG 2016). Der andere Weg wäre, Rückbauregelungen für technische Anlagen in Bebauungsplänen oder

städtebaulichen Verträgen festzuschreiben, wie für Photovoltaik-Freiflächenanlagen diskutiert wird (vgl. Günnewig et al. 2007, S. 58f.).

Am Anfang der Planung der Rückbauarbeiten steht die Ermittlung aller zu erwartenden Gefährdungen (vgl. Rehtanz 1994, S. 14ff.). Dazu gehören:

- Erfassung aller verbauten und nutzungsbedingt vorhandenen Schadstoffe,
- Abklären von Bodenverunreinigungen und Altlasten,
- Sicherstellung, dass in allen Phasen des Rückbaus die Statik der restlichen Anlage bzw. des Restbaukörpers gewährleistet ist (gegebenenfalls sind ausreichende Sicherungsmaßnahmen vorzusehen),
- Nutzung der unmittelbaren Umgebung der rückzubauenden Anlage.

Verantwortlich für die Durchführung dieser Arbeiten ist der Bauherr.

Im Rahmen der Planung des Rückbaus der Anlage sind für die Entsorgung der entstehenden Abfälle die Entsorgungswege zu klären, um einen kontinuierlichen Arbeitsablauf beim Rückbau sicher zu stellen. Dazu gehört, dass jedem anfallenden Abfallstrom eine geeignete Entsorgungsanlage zuzuordnen ist und die Verpackung der anfallenden Abfälle entsprechend der Annahmebedingungen dieser Entsorgungsanlagen erfolgt. Eine Vermischung von Abfällen unterschiedlicher Qualität ist auszuschließen.

Auf der Basis dieser Erkenntnisse ist dann die Vorgehensweise beim Rückbau zu planen. Diese ist in einer schriftlichen Abbruchanweisung festzuhalten (vgl. BGV C 22, 2010), in der für jeden Rückbauschritt die anzuwendende Technologie, alle notwendigen Sicherheitsmaßnahmen sowie die Entsorgungswege festgelegt sind.

Für die Bauleitung der durchzuführenden Arbeiten ist eine sachkundige Person als Koordinator einzusetzen.

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

- Mechanische Abbruchverfahren

Mechanische Verfahren können manuell oder maschinell ausgeführt werden. Manuelle Verfahren kommen dabei vorwiegend beim Demontieren von technischen Anlagen, beim Entkernen von Gebäuden und beim manuellen Abbruch zum Einsatz. Für den manuellen Abbruch stehen neben einfachen Handwerkzeugen handgeführte Geräte zur Verfügung. Eingesetzt werden manuelle Verfahren nur an sehr begrenzten Objekten bzw. wenn der Einsatz anderer Verfahren nicht möglich ist.

Bei maschinellen Verfahren werden für den Abbruch vorrangig Bagger, Hebezeuge und Radlader verwendet. Diese werden je nach Einsatzgebiet

mit Anbaugeräten ausgestattet. Als maschinelles mechanisches Verfahren für die Anlagendemontage wird vorrangig das maschinelle Sägen eingesetzt.

- Thermische Abbruchverfahren

Thermische Verfahren werden vorwiegend von Hand ausgeführt. Fernbediente Verfahren haben sich z.B. bei Unterwasserarbeiten in der Kerntechnik durchgesetzt.

Das bekannteste thermische Verfahren ist das autogene Brennschneiden. Dieses wird beim Trennen von Anlagenteilen, wie Behältern und Rohrleitungen, Stahlkonstruktionen und Bewehrungsstahl eingesetzt. Bei diesem Verfahren ist besonders auf den Brandschutz zu achten.

Weitere thermische Verfahren sind Plasmaschneiden, Schneiden mit Kernlanze, Pulverlanze und Pulverschneidbrenner. Diese Verfahren sind für das Trennen von Metall und Beton geeignet.

- Chemische Abbruchverfahren

Zu den chemischen Abbruchverfahren zählen das Sprengen mit Sprengstoff und Quellmitteln.

- Hydrodynamische Abbruchverfahren

Als hydrodynamisches Abbruchverfahren werden Hochdruckwasserstrahlverfahren mit und ohne Abrasivmittelzusatz eingesetzt (vgl. Hackel 2011, S. 314ff.).

4.3 Sanierung des Standortes der rückgebauten technischen Anlage

Durch technische Anlagen, die viele Jahre in Betrieb waren und die den heute geltenden Anforderungen an den Umweltschutz nicht gerecht werden, ist es in vielen Fällen zu einer Belastung von Boden und Grundwasser durch Schadstoffe gekommen. Das gilt auch für Altstandorte also Grundstücke stillgelegter Anlagen, nicht mehr verwendete Leitungs- und Kanalsysteme oder sonstige Betriebsflächen, auf denen mit umweltgefährdenden Stoffen umgegangen wurde. Besonders betroffen sind Anlagen der chemischen Industrie und ehemalige Gaswerke (vgl. Schreyer 1991, S. 9ff.), aber auch Anlagen der Metallurgie, der Energieerzeugung und Tankstellen.

Ist es zu einer schädlichen Bodenveränderung und einer Gewässerunreinigung gekommen, sind verunreinigter Boden bzw. eine Altlast sowie hierdurch verursachte Gewässerunreinigungen so zu sanieren, dass festgelegte Gefahrenschwellen dauerhaft unterschritten werden. Es geht also darum, erkennbare Gefahren, die in einem räumlichen und zeitlichen Zusammenhang mit der rückzubauenden Anlage stehen, im Rahmen der Nach-

sorge abzuwehren. Die rechtliche Grundlage dafür bildet das Bodenschutzrecht (BBodSchG 2015).

Auch hier lässt sich bei allen Unterschieden der Bodenkontaminationen, der Standortgegebenheiten und der einzusetzenden Sanierungsverfahren eine einheitliche Vorgehensweise ableiten:

- Planung der notwendigen Sanierungsarbeiten,
- Sanierung des Bodens und/oder des Grundwassers bzw. Gewässers,
- Entsorgung der kontaminierten Abfälle,
- Nachsorge.

Für die Erkundung von Bodenverunreinigungen wird im nachsorgenden Bodenschutz üblicherweise ein gestuftes Verfahren angewandt. Damit soll mit möglichst geringem Aufwand der Verdacht einer Bodenverunreinigung bestätigt oder ausgeschlossen werden.

Ob ein Sanierungserfordernis besteht oder nicht, ist für jeden Einzelfall gesondert zu untersuchen und zu entscheiden. Dabei werden die Arbeitsschritte Erfassung, Untersuchung und Bewertung von Verdachtsflächen und altlastverdächtigen Flächen systematisch ausgeführt. Die Untersuchungen erfolgen im Hinblick auf das Gefahrenpotenzial der betroffenen Flächen und die Feststellung der Notwendigkeit der Sanierung. Daraus werden dann die notwendigen Maßnahmen zur Sanierung der festgestellten schädlichen Bodenveränderungen und Altlasten sowie auf gegebenenfalls notwendige Maßnahmen zur Nachsorge nach Beendigung der Sanierungsmaßnahme abgeleitet.

Das Gefahrenpotenzial bzw. das Schadensausmaß einer Bodenverunreinigung wird maßgeblich durch die eingetragene Art und Menge der Schadstoffe und die Möglichkeit ihrer Ausbreitung und Wirkung bestimmt.

Gefahrenpotenzial bzw. Schadensausmaß werden durch orientierende Untersuchungen erfasst. Erforderlichenfalls schließen sich Detailuntersuchungen an. Darauf basierend erfolgt eine Gefährdungsabschätzung für die Schutzgüter:

- menschliche Gesundheit;
- Wasserressourcen, Wasserqualität;
- Luftqualität;
- Boden in seinen natürlichen Funktionen;
- Natur und Landschaft.

Bei der Bewertung von Gefährdungen, die von mit Schadstoffen belasteten Bodenflächen ausgehen, sind auch Planungen hinsichtlich einer zukünftigen

Nutzung des Grundstücks (z.B. weiterhin Industriegelände, Wohnbebauung oder landwirtschaftliche Nutzfläche) zu berücksichtigen.

Schadstoffbelastete Böden und Altlasten sowie dadurch verursachte Verunreinigungen von Grundwasser und Gewässern müssen so saniert werden, dass dauerhafte Gefahren, erheblichen Nachteile oder erheblichen Belästigungen für den Einzelnen oder die Allgemeinheit nicht zu erwarten sind.

In Abhängigkeit von den geologischen und hydrologischen Standortgegebenheiten, der gegenwärtigen und gemäß Planungsrecht zukünftigen Nutzung, den Schadstoffeigenschaften und den betroffenen Schutzgütern können zur Gefahrenabwehr verschiedene Maßnahmen oder Maßnahmenkombinationen zur Anwendung kommen. Deren Festlegung erfolgt durch die zuständige Behörde auf Basis der durchgeführten Sanierungsuntersuchungen. Dabei sind Vorgaben nach Anhang 3 BBodSchV zu beachten (vgl. BBodschV 2015). Die behördlich festzulegenden Maßnahmen müssen in einem angemessenen Verhältnis zur abzuwehrenden Gefahr stehen. Für eine dauerhafte Gefahrenabwehr (Sanierung) sind neben Dekontaminationsmaßnahmen, bei denen die Schadstoffe beseitigt oder vermindert werden, auch Sicherungsmaßnahmen, die eine Ausbreitung der Schadstoffe langfristig verhindern, in Betracht zu ziehen.

Wenn nach der Sanierung aufgrund eines verbliebenen Schadstoffpotenzials eine langfristige Erhaltung der Funktionsfähigkeit der Sanierungsbauwerke und -anlagen sowie die Überwachung einer möglichen Ausbreitung der verbliebenen Schadstoffe notwendig sind, werden Nachsorgemaßnahmen erforderlich.

Für die Sanierung von kontaminierten Standorten sind die verschiedensten Verfahren entwickelt worden. Dazu gehören:

- Auskoffering
Der kontaminierte Boden wird ausgehoben und dann entweder direkt auf einer Deponie abgelagert oder in einer Bodenwaschanlage bzw. thermischen Behandlungsanlage weiter behandelt.
- Behandlung in einer Bodenwaschanlage
Die Behandlung von Böden in einer Bodenwaschanlage eignet sich zur Entfernung von organischen Schadstoffen wie, Mineralölkohlenwasserstoffen, Halogenkohlenwasserstoffen und polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) und anorganischen Schadstoffen wie Schwermetallen, Cyaniden und Sulfiden (vgl. Handbuch Bodenwäsche 1993).
Der gereinigte Boden wird auf einer Deponie abgelagert oder als Inertmaterial wieder eingebaut. Die anfallenden Abwässer und die Abluft sind

in geeigneter Form zu reinigen. In Bodenwaschanlagen können auch verunreinigte Baustoffe gereinigt werden.

– Thermische Behandlung

Bei der thermischen Behandlung erfolgt eine Zerstörung der adsorptiven und chemischen Bindungskräfte durch Zufuhr von thermischer Energie. Die Schadstoffe werden üblicherweise anschließend oxidiert oder in die Rückstände eingebunden. Je nach angewandtem Temperaturbereich und Technologie werden die Verfahren in Entgasungs-, Vergasungs- und Verbrennungsprozesse eingeteilt. Die Verdampfungs- und Verbrennungstemperaturen sowie die Verweilzeiten in den Reaktionszonen richten sich nach den vorliegenden Schadstoffen sowie nach der beabsichtigten Verwendung des gereinigten Materials.

Die Abgase der thermischen Behandlungsanlage sind von gasförmigen Schadstoffen oder Aerosolen zu reinigen.

– Biologische Behandlung

Die biologische Behandlung von kontaminierten Böden wird zum biologischen Abbau von organischen Schadstoffen durch Mikroorganismen oder Pilze angewandt.

Nach einer mechanischen Vorbereitung (Zerkleinerung) werden die zu reinigenden Böden üblicherweise in Mieten mit Bakterienkulturen sowie Nährstoffen und gegebenenfalls Lösungsvermittlern versetzt. Die Mieten sind ständig zu belüften und feucht zu halten. Die Abluft ist gegebenenfalls zu reinigen. Die Behandlung kann je nach Schadstoffspektrum und erforderlichen Schadstoffkonzentrationen Wochen bis Jahre dauern. Die Schadstoffe werden durch Metabolisierung zu Kohlendioxid und Wasser umgesetzt. Durch Vorversuche ist auszuschließen, dass durch den gewählten Behandlungsweg aus den Schadstoffen Abbauprodukte entstehen, die toxischer Natur sind. Für den Abbau polycyclischer aromatischer Kohlenwasserstoffe (PAK) werden vielfach Weißfäulepilze eingesetzt.

Es gibt auch Entwicklungen von In-situ-Behandlungsverfahren, wo der biologische Abbau der Schadstoffe ohne Aushub direkt im kontaminierten Boden erfolgt.

– Hydraulische Verhinderung der Schadstoffausbreitung

Bei diesen Verfahren werden die hydrodynamischen Verhältnisse im Untergrund soweit verändert, dass eine Ausbreitung von Schadstoffen im Grundwasser eingeschränkt oder verhindert wird. Um dieses zu erreichen, werden Spundwände gesetzt, Sperrbrunnen errichtet oder Grundwasserabsenkungen vorgenommen. Bei den letzten beiden Maßnahmen

ist zu beachten, dass diese unter Umständen Jahrzehnte in Betrieb sein müssen.

– **Behandlung des Grundwassers**

Bei diesem Verfahren erfolgt die Fassung des verunreinigten Wassers vorwiegend durch Entnahmebrunnen im wassergesättigten Untergrund. Beim Auftreten mehrphasige Stoffgemische, z.B. Wasser/Mineralöl, sind die Entnahmeeinrichtungen so auszulegen, dass die den Schadstoff enthaltende Phase mit entnommen werden kann.

Das verunreinigte Grundwasser wird in einer für die vorhandenen Schadstoffe ausgelegten Reinigungsanlage behandelt. In Abhängigkeit von der erreichten Restkonzentration der Schadstoffe im gereinigten Wasser kann dieses direkt oder nach einer Nachbehandlung in einer Kläranlage in einen Vorfluter abgegeben werden. Unter günstigen Umständen ist auch eine direkte Wiedereinleitung in das Grundwasser möglich.

– **Pneumatische Verfahren**

Hierbei handelt es sich um Verfahren zur Erfassung und Abtrennung schadstoffhaltiger Gase und Dämpfe, um hierdurch die Emissionen aus dem Boden vorzugsweise in die Luft zu vermindern oder zu unterbinden. Die häufigsten Verfahren sind die Bodenbe- bzw. -entlüftung durch Bodenluftabsaugung und Stripping. Bei Deponien erfolgt z.B. die gefasste Deponieentgasung mit energetischer Verwertung des Deponiegases.

– **No-Action-Variante**

Hierbei wird das natürliche Abbaupotential von Schadstoffen genutzt. Voraussetzung dafür ist, dass die Schadstoffe hinreichend abbaubar sind und das natürliche Milieu einen natürlichen Abbau erlaubt. Dabei muss der Abstand zu schützenden Gütern hinreichend groß sein.

Literatur

AtG (2016): 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), das durch Artikel 1 des Gesetzes vom 26. Juli 2016 (BGBl. I S. 1843) geändert worden ist, S. 9 – URL: <https://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/atg/gesamt.pdf>

Banse, Gerhard; Reher, Ernst-Otto (2014): Einführung. In: Banse, Gerhard; Reher Ernst-Otto (Hg): Beiträge zur Allgemeinen Technologie (Abhandlungen der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften, Bd. 36). Berlin, S. 7–16

BbgWG (2016): In der Fassung der Bekanntmachung vom 2. März 2012, GVBl. I Nr. 20 S. 1, zuletzt geändert am 25. Januar 2016, GVBl. I Nr. 5 S. 1, 5 – URL: http://bravors.brandenburg.de/gesetze/bbgwg_2016

- BBodSchG (2015): Bundes-Bodenschutzgesetz vom 17. März 1998 (BGBl. I S. 502), das zuletzt durch Artikel 101 der Verordnung vom 31. August 2015 (BGBl. I S. 1474) geändert worden ist – URL: <https://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/bbodschg/gesamt.pdf>
- BBodSchV (2015): Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung vom 12. Juli 1999 (BGBl. I S. 1554), die zuletzt durch Artikel 102 der Verordnung vom 31. August 2015 (BGBl. I S. 1474) geändert worden ist – URL: <https://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/bbodschv/gesamt.pdf>
- BetrSichV (2015): Betriebssicherheitsverordnung – BetrSichV - Gültig ab 01. Juni 2015 – URL: http://www.maschinenrichtlinie.de/fileadmin/dokumente/2015-02-06_Betriebssicherheitsverordnung-BetrSichV-2015.pdf
- BGV C 22 (2010): Unfallverhütungsvorschrift Bauarbeiten vom 1. April 1977 in der Fassung vom 1. Januar 1997 mit Durchführungsanweisungen vom Dezember 2010 – URL: <http://www.bgbau-medien.de/uvv/37/titel.htm?gesamt=1>
- BImSchG (2016): Bundes-Immissionsschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274), das durch Artikel 3 des Gesetzes vom 26. Juli 2016 (BGBl. I S. 1839) geändert worden ist – URL: <https://www.gesetze-im-internet.de/bimschg/BJNR007210974.html>
- Fratscher, Wolfgang (2008): Technikwissenschaften und Technologie. In: Banse, Gerhard; Reher Ernst-Otto (Hg): *Allgemeine Technologie – verallgemeinertes Fachwissen und konkretisiertes Orientierungswissen zur Technologie* (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät, Bd. 99). Berlin, S. 127–135
- Gabriel, Stephan; Hofert, Regine; Steinborn, Volker (2010): *Arbeitsschutz bei Abbrucharbeiten*. (Hg.): Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA). Dortmund
- Günnewig, Dieter; Sieben, Anette; Püschel, Michael; Bohl, Johannes; Mack, Michael (2007): *Leitfaden zur Berücksichtigung von Umweltbelangen bei der Planung von PV-Freiflächenanlagen*. (Hg.): Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Berlin, S. 58–59 – URL: http://www.bauberufe.eu/images/doks/pv_leitfaden.pdf
- Hackel, Walter (2011): 52 Jahre Versuchsatomkraftwerk Kahl – Ein besonderes Kapitel deutscher Technikgeschichte ist zu Ende. In: *atw*, Jg. 56, H. 6, S. 314–318
- Handbuch Bodenwäsche (1993): *Handbuch Bodenwäsche (Reihe Materialien zur Altlastenbearbeitung Bd. 11)*. (Hg.): Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg. Karlsruhe – URL: http://www4.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/16805/handbuch_bodenwaesche.pdf?command=downloadContent&filename=handbuch_bodenwaesche.pdf
- Lenz, Louis (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
- Lippok, Jürgen (2007): *Planung von Abbruchmaßnahmen*. In: Lipporth, Jürgen; Korth, Dietrich (Hg.): *Abbrucharbeiten – Grundlagen, Vorbereitung, Durchführung*. Köln (Deutscher Abbruchverband e.V.), S. 109–111
- Mertzsch, Norbert (2014): *Außerbetriebnahme und Rückbau von Technologien*. In: Banse, Gerhard; Reher Ernst-Otto (Hg): *Beiträge zur Allgemeinen Technologie* (Abhandlungen der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften, Bd. 36). Berlin, S. 349–378

- Reher, Ernst-Otto (2014): Forschungs- und Entwicklungsmethoden zur Gestaltung von Technologien. In: Banse, Gerhard; Reher Ernst-Otto (Hg): Beiträge zur Allgemeinen Technologie (Abhandlungen der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften, Bd. 36). Berlin, S. 83–128
- Reher, Ernst-Otto; Banse, Gerhard (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, Gerhard; Reher Ernst-Otto. (Hg): Allgemeine Technologie – verallgemeinertes Fachwissen und konkretisiertes Orientierungswissen zur Technologie (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät, Bd. 99). Berlin, S. 71–103
- Rehtanz, Horst (1994): Arbeits- und Umweltschutzanforderungen bei Rückbau, Demontage und Abriß von gefahrstoffbelasteten Industrieanlagen. In: Umwelttechnik FORUM, Jg. 9, 3, S. 14–23
- Schreyer, Michael (1991): Perspektiven zur Altlastensanierung in Berlin. In: Franzius, V. (Hg): Sanierung kontaminierter Standorte 1990 (Abfallwirtschaft in Forschung und Praxis; Bd. 39). Berlin, S. 9–12
- SKW (2016): Modernisierung einer NH₃-Anlage – URL: <http://www.skwp.de/de/unternehmen/geplante-investitionen.html?mobile=1%27A%3D0%20and%20the%20technical%20data%27%23%23%23>
- Toppel, Carsten Olaf (2003): Technische und ökonomische Bewertung verschiedener Abbruchverfahren im Industriebau – URL: <http://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/epda/000439/dissertation.pdf>
- Weber, Klaus H. (2006a): Inbetriebnahme verfahrenstechnischer Anlagen: Praxishandbuch mit Checklisten und Beispielen. Berlin u.a.O., S. 184–263
- Weber, Klaus H. (2006b): Inbetriebnahme verfahrenstechnischer Anlagen: Praxishandbuch mit Checklisten und Beispielen. Berlin u.a.O., S. 274–350
- Weber, Klaus H. (2006c): Inbetriebnahme verfahrenstechnischer Anlagen; Praxishandbuch mit Checklisten und Beispielen. Berlin u.a.O., S. 339