

Kamprath-Reihe

Walter Wagner

# Planung im Anlagenbau



Vogel Business Media

---

Walter Wagner  
Planung im Anlagenbau

---

Kamprath-Reihe

Dipl.-Ing. Walter Wagner

# Planung im Anlagenbau

4., überarbeitete und erweiterte Auflage

Vogel Business Media

---

## Dipl.-Ing. WALTER WAGNER

Jahrgang 1941, absolvierte nach einer Lehre als Technischer Zeichner ein Maschinenbaustudium und war 1964 bis 1968 Anlagenplaner im Atomreaktorbau; nach einer Ausbildung zum Schweiß-Fachingenieur war er ab 1968 Technischer Leiter im Apparatebau, Kesselbau und in der Wärmetechnik. 1974 bis 1997 bekam Walter Wagner einen Lehrauftrag an der Fachhochschule Heilbronn, von 1982 bis 1984 zusätzlich an der Fachhochschule Mannheim und von 1987 bis 1989 an der Berufsakademie Mosbach. Im Zeitraum 1988 bis 1995 war er Geschäftsführer der Hoch-Temperatur-Technik Vertriebsbüro Süd GmbH. Seit 1992 ist er Leiter der Beratung und Seminare für Anlagentechnik: WTS Wagner-Technik-Service. Walter Wagner war außerdem Obmann verschiedener DIN-Normen und öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Wärmeträgertechnik, Thermischer Apparatebau und Rohrleitungstechnik.

Dipl.-Ing. WALTER WAGNER ist Autor folgender Vogel Fachbücher der Kamprath-Reihe:

Festigkeitsberechnungen im  
Apparate- und Rohrleitungsbau  
Kreiselpumpen und Kreiselpumpenanlagen  
Lufttechnische Anlagen  
Planung im Anlagenbau  
Regel- und Sicherheitsarmaturen  
Rohrleitungstechnik  
Strömung und Druckverlust  
Wärmeaustauscher  
Wärmeträgertechnik  
Wärmeübertragung  
Wasser und Wasserdampf im Anlagenbau  
DIETZEL/WAGNER: Technische Wärmelehre  
HEMMING/WAGNER: Verfahrenstechnik

Zur Themenreihe gehören ebenfalls  
aus der Vogel Business Media:

H. J. BULLACK: (CD-ROM)  
Berechnung von Druckbehälter-Bauteilen  
Berechnung von Sicherheitseinrichtungen  
Berechnung von Kunststoffbehältern  
Flanschberechnungen nach EN 1591:2011  
Berechnung metallischer Rohrleitungsbauteile 1  
Pipe Elements/Rohrleitungsbauteile

---

Weitere Informationen unter  
[www.vbm-fachbuch.de](http://www.vbm-fachbuch.de)



<http://twitter.com/vbmfachbuch>



[www.facebook.com/vbm-fachbuch](http://www.facebook.com/vbm-fachbuch)



[www.vbm-fachbuch.de/rss/buch.rss](http://www.vbm-fachbuch.de/rss/buch.rss)

---

Molex© ist ein eingetragenes Warenzeichen von Molex, LLC in den Vereinigten Staaten von Amerika und kann in anderen Ländern eingetragen sein. Andere in diesem Handbuch verwendete Produktbezeichnungen dienen ausschließlich zu Identifikationszwecken und sind möglicherweise Warenzeichen der jeweiligen Unternehmen. Wir beanspruchen keinerlei Rechte an diesen Warenzeichen.

ISBN 978-3-8343-3414-5

1. Auflage. 2018

Alle Rechte, auch der Übersetzung, vorbehalten.

Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form (Druck, Fotokopie, Mikrofilm oder einem anderen Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung des Verlages reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden. Hiervon sind die in §§ 53, 54 UrhG ausdrücklich genannten Ausnahmefälle nicht berührt.

Printed in Germany

Copyright 2018 by Vogel Business Media GmbH & Co. KG, Würzburg

---

# Vorwort

---

Bei der Planung, dem Bau und Betrieb von Anlagen müssen übergreifende Ingenieurtätigkeiten und betriebswirtschaftliche Aspekte ständig berücksichtigt und koordiniert werden. Von der Grundkonzeption an sind immer wieder Bilanzen, bau- und maschinentechnische Konstruktionen sowie laufende Kosten zu überprüfen und zu vergleichen. Dadurch kann man wesentliche Fehler und Verteuerungen bereits im Entstehungsstadium und für den zukünftigen Betrieb vermeiden. Auch sicherheits- und umwelttechnische Notwendigkeiten, die einen entscheidenden Einfluss auf die Anlagentechnik haben, sind dabei zu berücksichtigen. Deshalb wurden hier besonders Bilder, Tabellen und Diagramme in einem eigenen Kapitel zusammengefasst, die es ermöglichen, ohne großen Rechenaufwand überschlägig Prüfungen durchzuführen.

Das Buch enthält für Techniker der Fachrichtungen Maschinenbau, Verfahrens-, Versorgungs-, Kraftwerks-, Umwelt- und Heizungstechnik entscheidende Informationen über den Planungsablauf. Projektierungs-, Konstruktions- und Betriebsingenieure sowie Techniker, die in ihrer Berufspraxis mit der Anlagenplanung bzw. der Konstruktion und der Betreuung von Anlagen im betrieblichen Einsatz zu tun haben, erhalten hiermit wichtiges Planungsmaterial.

Resonanz zum Buch ist stets willkommen, weil eine lebendige Wissensvermittlung Praxis und Lehrbetrieb immer wieder neu motivieren und inspirieren kann. Den schnellsten Kontakt erfüllt eine E-Mail an: [wagner@wts-online.de](mailto:wagner@wts-online.de)

Der Vogel Business Media danke ich für die gewohnt hervorragende Zusammenarbeit.

St. Leon-Rot

Walter Wagner



---

# Inhaltsverzeichnis

---

|  |           |
|--|-----------|
| Vorwort .....  | 5         |
| <b>1 Planung von Anlagen .....</b>                                 | <b>13</b> |
| 1.1 Grundkonzeption .....  | 14        |
| 1.2 Sicherheits- und umwelttechnische Anforderungen .....          | 17        |
| 1.2.1 Gesetze, Verordnungen, Normen, Vorschriften .....            | 17        |
| 1.2.2 Sicherheitstechnik .....                                     | 17        |
| 1.2.3 Sicherheitseinrichtungen .....                               | 19        |
| 1.2.4 Prozessleittechnik (PLT) sichert Anlagen .....               | 20        |
| 1.2.4.1 Klassifizierung von PLT-Einrichtungen .....                | 21        |
| 1.2.4.2 Klassifizierungsbeispiele .....                            | 22        |
| 1.2.4.3 Anwendungsbeispiel Absicherung von Rührkesseln .....       | 23        |
| 1.2.5 Emissionen und Emissionsminderung .....                      | 23        |
| 1.2.6 Abfall oder Reststoff? .....                                 | 25        |
| 1.2.7 Umgang mit wassergefährdenden Stoffen .....                  | 25        |
| 1.2.8 Explosionsgefahr und brennbare Flüssigkeiten .....           | 29        |
| 1.2.9 Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) .....                    | 29        |
| 1.2.9.1 Umweltdokumentation .....                                  | 30        |
| 1.2.9.2 Umweltrisikooanalyse .....                                 | 31        |
| 1.2.9.3 Geprüfte technische Verfahrensalternativen .....           | 32        |
| 1.2.10 Druckgeräte .....   | 33        |
| 1.2.11 CE-Kennzeichnung .....                                      | 34        |
| 1.3 Zusammenfassung der wichtigsten Planungsschritte .....         | 35        |
| 1.4 Vor- und Grobplanung .....                                     | 35        |
| 1.4.1 Festlegung der Aufgabenstellung .....                        | 35        |
| 1.4.2 Datenerfassung .....   | 35        |
| 1.4.3 Verfahrensbeschreibung mit Mengen- und Energiebilanzen ..... | 37        |
| 1.4.4 Verfahrenstechnische Grobauslegung .....                     | 39        |
| 1.4.5 Auslegung der Nebenanlagen .....                             | 39        |
| 1.4.6 Lageplanentwurf .....  | 39        |
| 1.4.7 Projektbeschreibung, Kostenschätzung, Terminplan .....       | 40        |
| 1.4.8 Projektierungshilfen .....                                   | 42        |
| 1.4.9 Betriebskostenschätzung .....                                | 42        |
| 1.5 Detailplanung .....  | 42        |
| 1.5.1 Allgemeine Hinweise .....                                    | 42        |
| 1.5.2 Genehmigungsantrag .....                                     | 43        |
| 1.5.3 Erstellung von Spezifikationen .....                         | 43        |
| 1.6 Anfragen und Bestellungen .....                                | 44        |
| 1.6.1 Anfragen .....   | 44        |
| 1.6.1.1 Angebote .....   | 44        |
| 1.6.1.2 Unterlieferanten .....                                     | 44        |
| 1.6.1.3 Liefergrenzen und Leistungsgrenzen des Lieferers .....     | 44        |
| 1.6.1.4 Angebotsvergleich .....                                    | 44        |
| 1.6.2 Bestellungen .....   | 46        |
| 1.6.2.1 Lieferungen und Leistungen des Bestellers .....            | 47        |
| 1.7 Abwicklung .....   | 47        |
| 1.7.1 Auftragsverfolgung .....                                     | 47        |
| 1.7.2 Ergänzende Detailplanung .....                               | 47        |
| 1.7.3 Dokumentation .....  | 47        |
| 1.7.3.1 Abwicklungsdokumentation .....                             | 48        |
| 1.7.3.2 Technische Dokumentation .....                             | 49        |
| 1.8 CAE in der Anlagentechnik .....                                | 50        |
| 1.8.1 Angebotsphase .....  | 53        |

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| 1.8.2    | Auftragsphase: Basic-/Detail-Engineering, Rohrleitungs- und Instrumentierungsdiagramm | 53        |
| 1.8.3    | Dreidimensionale Aufstellungsplanung  | 53        |
| 1.9      | Prüflisten für Haupttätigkeiten   | 55        |
| 1.9.1    | Darstellung des Anlagenschemas  | 55        |
| 1.9.2    | Verfahrensablauf  | 56        |
| 1.9.3    | Auslegung von einzelnen Anlagenteilen   | 57        |
| 1.9.4    | Rohrleitungsanlagen   | 59        |
| 1.9.5    | Mess- und Regelungseinrichtungen  | 59        |
| 1.9.6    | Sicherheit und Umwelt   | 60        |
| 1.9.7    | Aufstellungsplan  | 62        |
| 1.9.8    | Montagevorbereitung   | 62        |
| 1.10     | Planungsfehler  | 62        |
| 1.11     | Planungsbeispiel: Wasserdampfanlage in einem Rauchgas-Wärmerückgewinnssystem          | 63        |
| <b>2</b> | <b>Kaufmännische Planung</b>  | <b>73</b> |
| 2.1      | Kostenermittlung  | 73        |
| 2.1.1    | Kapitalgebundene Kosten   | 73        |
| 2.1.2    | Verbrauchsgebundene Kosten  | 74        |
| 2.1.3    | Betriebsgebundene Kosten  | 74        |
| 2.1.4    | Sonstige Kosten   | 74        |
| 2.1.5    | Montagekosten   | 74        |
| 2.1.6    | Preise von Anlagenbauteilen   | 76        |
| 2.1.6.1  | Preisdegression   | 77        |
| 2.2      | Wirtschaftlichkeit  | 77        |
| 2.2.1    | Wirtschaftlichkeitsberechnung   | 78        |
| 2.2.1.1  | Kapitalrückflussdauer   | 78        |
| 2.2.1.2  | Annuitätsmethode  | 78        |
| 2.2.1.3  | Amortisationsdauer  | 78        |
| 2.2.1.4  | Barwertmethode (Kapitalwertmethode)   | 79        |
| 2.2.1.5  | Dynamische Berechnung   | 80        |
| 2.3      | Wärme- und Energiekosten  | 80        |
| 2.3.1    | Kapitalkosten   | 81        |
| 2.3.2    | Energiekosten   | 81        |
| 2.3.3    | Betriebskosten  | 82        |
| 2.3.4    | Sonstige Kosten   | 82        |
| 2.3.5    | Gesamtkosten  | 82        |
| 2.4      | Dynamische Wirtschaftlichkeitsberechnung nach der Annuitätsmethode                    | 82        |
| 2.4.1    | Annuität der kapitalgebundenen Kosten (Auszahlungen)                                  | 83        |
| 2.4.2    | Annuität der verbrauchsgebundenen Kosten  | 83        |
| 2.4.3    | Annuität der betriebsgebundenen Kosten  | 84        |
| 2.4.4    | Annuität der sonstigen Kosten   | 84        |
| 2.4.5    | Jahreseinnahmen (Erlöse, Einzahlungen)  | 84        |
| 2.4.6    | Annuität der jährlichen Gesamtzahlungen   | 84        |
| 2.4.7    | Armortisationsdauer $T_A$   | 84        |
| 2.5      | Life-cycle-Kosten   | 87        |
| 2.6      | Verträge  | 87        |
| 2.6.1    | Vertragsarten   | 87        |
| 2.6.2    | Vertragsformen  | 88        |
| 2.6.3    | Zusammenarbeitsverträge   | 89        |
| 2.6.4    | Einflüsse der Vertragsform  | 90        |
| 2.6.5    | Vertragsgestaltung  | 91        |
| 2.7      | Vertragsbedingungen   | 92        |
| 2.7.1    | Zahlungsbedingungen   | 92        |
| 2.7.2    | Liefertermin  | 93        |
| 2.7.3    | Probetrieb, Risikoübergang, Betriebsübernahme   | 94        |
| 2.7.4    | Zugesicherte Eigenschaften  | 95        |
| 2.7.5    | Gewährleistung  | 95        |

|          |  |            |
|----------|--|------------|
| 2.7.6    | Nachweis der zugesicherten Auslegungsdaten   | 96         |
| 2.7.7    | Rechte des Bestellers bei Mängeln an der Lieferung                                   | 96         |
| 2.7.8    | Sonstiges  | 98         |
| 2.7.8.1  | Streitfälle  | 98         |
| <b>3</b> | <b>Bauliche Planung</b>  | <b>101</b> |
| 3.1      | Allgemeines  | 101        |
| 3.2      | Transport- und Lagerverhältnisse   | 101        |
| 3.3      | Baustelleneinrichtung  | 102        |
| 3.4      | Montage  | 102        |
| 3.5      | Personal   | 102        |
| 3.6      | Haftung und Verantwortung des Lieferers  | 103        |
| 3.7      | Bau- und/oder Montageüberwachung   | 103        |
| 3.8      | Betriebsdokumentation  | 104        |
| 3.8.1    | Spezielle Betriebsdokumentation  | 104        |
| 3.8.1.1  | Betriebsprogramm   | 104        |
| 3.8.1.2  | Betriebsabläufe  | 105        |
| 3.8.1.3  | Betrieb einzelner Gebiete und Teilgebiete  | 105        |
| 3.8.1.4  | Wirtschaftlicher Betrieb   | 105        |
| 3.8.1.5  | Steuerungs- bzw. Regelungs- sowie Sicherheitssysteme<br>und Sicherheitseinrichtungen | 105        |
| 3.8.1.6  | Betriebsbericht  | 105        |
| 3.8.1.7  | Regelmäßige Inspektionen   | 105        |
| 3.8.1.8  | Betriebsstörungen  | 105        |
| 3.8.2    | Dokumentation von Wartung, Reparatur und Kundendienst                                | 105        |
| 3.8.2.1  | Produktwartung   | 106        |
| 3.8.2.2  | Kundendienstbericht  | 106        |
| 3.8.2.3  | Wartungs- und Reparaturberichte  | 106        |
| 3.8.2.4  | Sicherheit   | 106        |
| 3.8.3    | Einsatz von Einrichtungen  | 106        |
| 3.8.3.1  | Anleitungen für den Betreiber  | 106        |
| 3.8.3.2  | Inhalt der Anleitungen für den Betreiber   | 106        |
| 3.8.3.3  | Sicherheit   | 107        |
| 3.9      | Inbetriebnahme   | 107        |
| 3.9.1    | Inbetriebnahmeablauf am Beispiel einer Wärmeträger-Ölanlage                          | 107        |
| 3.9.1.1  | Abnahmeprüfung   | 107        |
| 3.9.1.2  | Reinigung  | 107        |
| 3.9.1.3  | Dichtheitsprüfung  | 108        |
| 3.9.1.4  | Füllen der Anlage mit Wärmeträger und Druckprüfung                                   | 108        |
| 3.9.1.5  | Funktionsprüfung   | 109        |
| 3.9.1.6  | Inbetriebnahme   | 109        |
| 3.9.1.7  | Messprotokoll  | 110        |
| 3.10     | Abnahme  | 110        |
| 3.11     | Aufmaß   | 110        |
| <b>4</b> | <b>Betrieb der Anlage</b>  | <b>111</b> |
| 4.1      | Wartung und Instandhaltung   | 111        |
| 4.1.1    | Instandhaltungskonzept   | 111        |
| 4.1.2    | Instandsetzung nach Ausfall  | 111        |
| 4.1.3    | Vorbeugende Instandhaltung   | 112        |
| 4.1.4    | Zustandsbezogene Instandhaltung  | 112        |
| <b>5</b> | <b>Beispielhafter Ablauf eines Anlagenprojektes in Diagrammen</b>                    | <b>115</b> |
| 5.1      | Zeitliche Planung  | 115        |
| 5.2      | Typischer Planungsablauf   | 116        |
| 5.3      | Aufgaben und Zielstellungen der Inbetriebnahme                                       | 117        |
| 5.4      | Typischer Inbetriebnahmeablauf   | 117        |
| 5.5      | Betrieb der Anlage   | 118        |

|          |   |            |
|----------|---|------------|
| 5.6      | Pumpenüberwachung   | 118        |
| 5.7      | Standardablauf einer Wartung  | 119        |
| 5.8      | Standardablauf einer Inspektion   | 120        |
| 5.9      | Standardablauf einer Instandsetzung   | 121        |
| <b>6</b> | <b>Projektierungsgleichungen und Faustformeln</b>   | <b>123</b> |
| 6.1      | Allgemeines   | 123        |
| 6.2      | Projektierungsgleichungen   | 123        |
| 6.3      | Faustformeln  | 123        |
| 6.3.1    | Volumenstrombestimmung  | 123        |
| 6.3.1.1  | Heißwasser  | 123        |
| 6.3.1.2  | Thermoöle bei der oberen Anwendungstemperatur   | 123        |
| 6.3.1.3  | Luft (im Normzustand)   | 123        |
| 6.3.2    | Rohrleitungsinne Durchmesser  | 131        |
| 6.3.3    | Leistungsbedarf von Pumpen  | 131        |
| 6.3.4    | Leistungsbedarf von Ventilatoren  | 132        |
| 6.3.5    | Elektrische Stromstärke $I$ für die Zuleitung zum Motor im Drehstromnetz  | 132        |
| 6.3.6    | Messblendenbohrung  | 132        |
| 6.3.6.1  | Wasser  | 133        |
| 6.3.6.2  | Thermoöl  | 133        |
| 6.3.6.3  | Wasserdampf (Sattdampf)   | 133        |
| 6.3.7    | Verbrennungstechnik   | 133        |
| 6.3.7.1  | Brennstoffstrom $B$ und Abgasstrom $V_A$  | 133        |
| 6.3.7.2  | Flüssige und gasförmige Brennstoffe   | 134        |
| 6.3.7.3  | Holzverbrennung   | 134        |
| <b>7</b> | <b>Datensammlung und Planungsmaterial</b>   | <b>135</b> |
| 7.1      | Auslegungen   | 135        |
| 7.1.1    | Strömungsgeschwindigkeiten aus der Praxis   | 135        |
| 7.1.2    | Hauptdaten von Rohrleitungen und Rohrleitungselementen  | 136        |
| 7.1.3    | Rohranschlussabmessungen, die sich aus den Flanschnormen ergeben  | 138        |
| 7.1.4    | Kenngrößen für die Druckverlustberechnung   | 139        |
| 7.1.5    | Verlusthöhenbestimmung bei Wasserleitungen  | 140        |
| 7.1.6    | Nomogramm zur Berechnung des Strömungswiderstandes von Rohrleitungen  | 141        |
| 7.1.7    | Geschwindigkeit und Druckverlust in durchströmten Rohren  | 142        |
| 7.1.8    | Verlusthöhe   | 143        |
| 7.1.9    | Erforderliche Dehnschenkellängen bei warmgehenden Stahlrohrleitungen  | 144        |
| 7.1.10   | Verhältnis der gestreckten Länge zur Verbindungslänge als Kriterium für das elastische Verhalten eines Stahlrohrsystems | 145        |
| 7.1.11   | Dehnungsaufnahme von Rohrschenkeln  | 146        |
| 7.1.12   | Dehnschenkel bei Kunststoffrohren   | 147        |
| 7.1.13   | Leistungsbestimmung bei Pumpen  | 148        |
| 7.1.14   | Wirkungsgrad und Leistungsbedarf von 1-stufigen Kreiselpumpen im Optimum  | 149        |
| 7.1.15   | Leistungsbestimmung bei Ventilatoren  | 150        |
| 7.1.16   | Diagramm zur Bestimmung der Wanddicke von zylindrischen Mänteln   | 151        |
| 7.1.17   | Diagramm zur Bestimmung gewölbter Böden   | 152        |
| 7.1.18   | Diagramm zur Bestimmung von ebenen Böden  | 153        |
| 7.1.19   | Streckgrenze und Langzeit-Warmfestigkeitswerte von nahtlosen Rohren aus warmfesten Stählen                              | 154        |
| 7.1.20   | Stoffwerte von Stählen  | 155        |
| 7.1.21   | Drehmoment in Abhängigkeit von Antriebsleistung und Drehzahl  | 156        |
| 7.1.22   | Wellendurchmesser in Abhängigkeit vom Drehmoment  | 156        |
| 7.1.23   | Abblasleistungen von Vollhub-Sicherheitsventilen und Normal-Sicherheitsventilen für Wasser                              | 157        |
| 7.1.24   | Abblasleistungen von Vollhub-Sicherheitsventilen und Normal-Sicherheitsventilen für Sattdampf und Luft                  | 158        |
| 7.1.25   | Strömungsgeschwindigkeit in Dampfleitungen  | 159        |
| 7.1.26   | Bemessung von Kondensatleitungen  | 160        |

|        |   |     |
|--------|---|-----|
| 7.1.27 | Auslegung von Sattdampfleitungen  | 162 |
| 7.1.28 | Nachverdampfung bei der Entspannung von Kondensat   | 163 |
| 7.1.29 | Anhaltswerte für den Wärmedurchgangskoeffizienten $k$ bei Wärmeaustauschern   | 164 |
| 7.1.30 | Mittlere Temperaturdifferenz für reinen Gleich- und Gegenstrom  | 165 |
| 7.1.31 | Richtwerte des Schalldruckpegels von Drehstrommotoren   | 166 |
| 7.1.32 | A-Schall-Leistungspegel an Spiral- oder Ringgehäsepumpen  | 166 |
| 7.1.33 | Schall-Leistungspegel von Ventilatoren  | 166 |
| 7.2    | Konstruktion  | 167 |
| 7.2.1  | Bildzeichen für Wärmekraftanlagen   | 167 |
| 7.2.2  | Transportabmessungen  | 168 |
| 7.2.3  | Mindestabstände von Leitungen   | 170 |
| 7.2.4  | Rohrbrücke  | 171 |
| 7.2.5  | U-Rohr-Wärmeaustauscher   | 172 |
| 7.2.6  | Hauptabmessungen sowie Heizflächen bei einem Rohrbündel-Wärmeübertrager   | 173 |
| 7.2.7  | Bezeichnung von Wärmeaustauscher-Bauelementen nach TEMA   | 174 |
| 7.2.8  | Druck-Temperatur-Zuordnungen für nichtaustenitische Stähle  | 175 |
| 7.2.9  | Übersichtsdiagramm zur Bestimmung der Baugrößen von Radialventilatoren  | 176 |
| 7.2.10 | Kennfelder von Kreiselpumpen  | 177 |
| 7.2.11 | Liegende Behälter   | 178 |
| 7.2.12 | Sättel für liegende Behälter  | 181 |
| 7.2.13 | Apparat mit Profildüsen   | 182 |
| 7.2.14 | Rohrfüße für stehende Apparate  | 183 |
| 7.3    | Datenblätter  | 184 |
| 7.3.1  | Datenblatt für Kreiselpumpen  | 184 |
| 7.3.2  | Datenblatt für Sicherheitsventile   | 185 |
| 7.3.3  | Spezifikationsblatt für Stellgeräte   | 186 |
| 7.3.4  | Datenblatt für Elektromotoren   | 188 |
| 7.3.5  | Datenblatt für Wärmeaustauscher – allgemeine Daten  | 189 |
| 7.3.6  | Datenblatt für Wärmeaustauscher – Prozessdaten und Stoffwerte   | 190 |
| 7.3.7  | Datenblatt für Wärmeaustauscher – Stutzen und Maßskizze   | 191 |
| 7.4    | Vorschriften  | 192 |
| 7.4.1  | Geltungsbereich der gesetzlichen Regelwerke zur Luftreinhaltung bei Feuerungsanlagen  | 192 |
| 7.4.2  | Übersicht für zulässige Emissionswerte gemäß TA Luft  | 193 |
| 7.4.3  | Emissionsgrenzwerte bei Großfeuerungsanlagen  | 194 |
| 7.4.4  | Druckgeräterichtlinie: Einteilung der Fluide  | 195 |
| 7.4.5  | BehälterEinstufung (Druckgeräte RL)<br>Fluide der Gruppe 1: $P_{(\text{Dampf, TS})} > 0,5 \text{ bar}(\ddot{u})$                | 195 |
| 7.4.6  | BehälterEinstufung (Druckgeräte RL)<br>Fluide der Gruppe 2: $P_{(\text{Dampf, TS})} > 0,5 \text{ bar}(\ddot{u})$                | 196 |
| 7.4.7  | BehälterEinstufung (Druckgeräte RL)<br>Fluide der Gruppe 1, Flüssigkeiten: $P_{(\text{Dampf, TS})} < 0,5 \text{ bar}(\ddot{u})$ | 196 |
| 7.4.8  | BehälterEinstufung (Druckgeräte RL)<br>Fluide der Gruppe 2, Flüssigkeiten: $P_{(\text{Dampf, TS})} < 0,5 \text{ bar}(\ddot{u})$ | 197 |
| 7.4.9  | Beheizte überhitzungsgefährdete Druckgeräte (Druckgeräte RL)<br>TS > 110 °C, Fluide: Dampf oder Heißwasser                      | 197 |
| 7.4.10 | Rohrleitungseinstufung: Fluide der Gruppe 1: $P_{(\text{Dampf, TS})} > 0,5 \text{ bar}(\ddot{u})$                               | 198 |
| 7.4.11 | Rohrleitungseinstufung: Fluide der Gruppe 2: $P_{(\text{Dampf, TS})} > 0,5 \text{ bar}(\ddot{u})$                               | 198 |
| 7.4.12 | Rohrleitungseinstufung: Fluide der Gruppe 1: $P_{(\text{Dampf, TS})} < 0,5 \text{ bar}(\ddot{u})$                               | 199 |
| 7.4.13 | Rohrleitungseinstufung: Fluide der Gruppe 2: $P_{(\text{Dampf, TS})} < 0,5 \text{ bar}(\ddot{u})$                               | 199 |
| 7.4.14 | Konformitätsbewertung   | 200 |
| 7.4.15 | Inhalt der Konformitätsbewertungsverfahren  | 200 |
| 7.5    | Stoffwerte  | 201 |
| 7.5.1  | Wasserdampf-tafel: Sättigungszustand (Drucktafel)   | 201 |
| 7.5.2  | Enthalpiediagramm von Wasserdampf ( $h$ - $p$ -Diagramm)  | 202 |
| 7.5.3  | Übersichtsdiagramm: $T$ - $s$ -Diagramm von Wasserdampf mit Isobaren und Isochoren  | 203 |
| 7.5.4  | Übersichtsdiagramm: $h$ - $s$ -Diagramm von Wasserdampf   | 204 |

|                             |  |            |
|-----------------------------|--|------------|
| 7.5.5                       | Dichte von trockener Luft  | 205        |
| 7.5.6                       | Spezielle Wärmekapazität von trockener Luft bei konstantem Druck | 205        |
| 7.5.7                       | Stoffwerte von Wasser bei Sättigungsdruck                        | 206        |
| 7.5.8                       | Stoffwerte von trockener Luft                                    | 207        |
| 7.5.9                       | Spezielle Wärmekapazität von trockener Luft und Rauchgasen       | 208        |
| 7.5.10                      | $h$ - $x$ -Diagramm für feuchte Luft                             | 209        |
| 7.5.11                      | Stoffwertebereich von Gasen, Flüssigkeiten und Feststoffen       | 210        |
| 7.6                         | Kalkulation  | 211        |
| 7.6.1                       | Montagezeiten für die häufigsten Stahlrohrleitungsteile          | 211        |
| 7.6.2                       | Spezifische Kosten von Wärmeaustauschern aus C-Stahl             | 212        |
| 7.6.3                       | Spezifische Kosten von Behältern aus C-Stahl                     | 213        |
| 7.6.4                       | Kosten für Anlagenteile in Abhängigkeit von der Nennweite        | 214        |
| 7.6.5                       | Richtwerte für spezielle Kosten                                  | 215        |
| 7.6.6                       | Heizwerte von Brennstoffen                                       | 216        |
| 7.6.7                       | Überschlägige Brennstoffkosten-Ermittlung                        | 217        |
| 7.6.8                       | Kostenschätzung für Rohrbündel-Wärmeaustauscher                  | 220        |
| <b>Literaturverzeichnis</b> |  | <b>226</b> |
| <b>Stichwortverzeichnis</b> |  | <b>227</b> |

# 1 Planung von Anlagen

Die Gründe zur Realisierung eines Projektes sind für diese Abhandlung unwesentlich. Ist einmal die Entscheidung zur Verwirklichung einer Anlage gefallen, muss das immer zu einem strukturellen Planungsvorgang führen, da von der Planung bis zum Bau und den Betrieb viele Einzelheiten zu berücksichtigen sind (s. Tabelle 1.1). Nur eine effiziente Planung kann erforderliche praktische und betriebswirtschaftlich kostendeckende Maßnahmen miteinander koordinieren.

Der Schlüssel zum Erfolg ist hierbei, die Berührungsfelder unterschiedlichster Details zu erkennen und mit dem notwendigen technischen und betriebswirtschaftlichen Know-how zu einem funktionierenden Ganzen zusammenzufügen. Auf dem Stand der Technik müssen Gesetze, Vorschriften, Normen und Richtlinien eingehalten und umgesetzt werden. Von besonderer Bedeutung sind dabei sicherheits- und umwelttechnische Interessen.

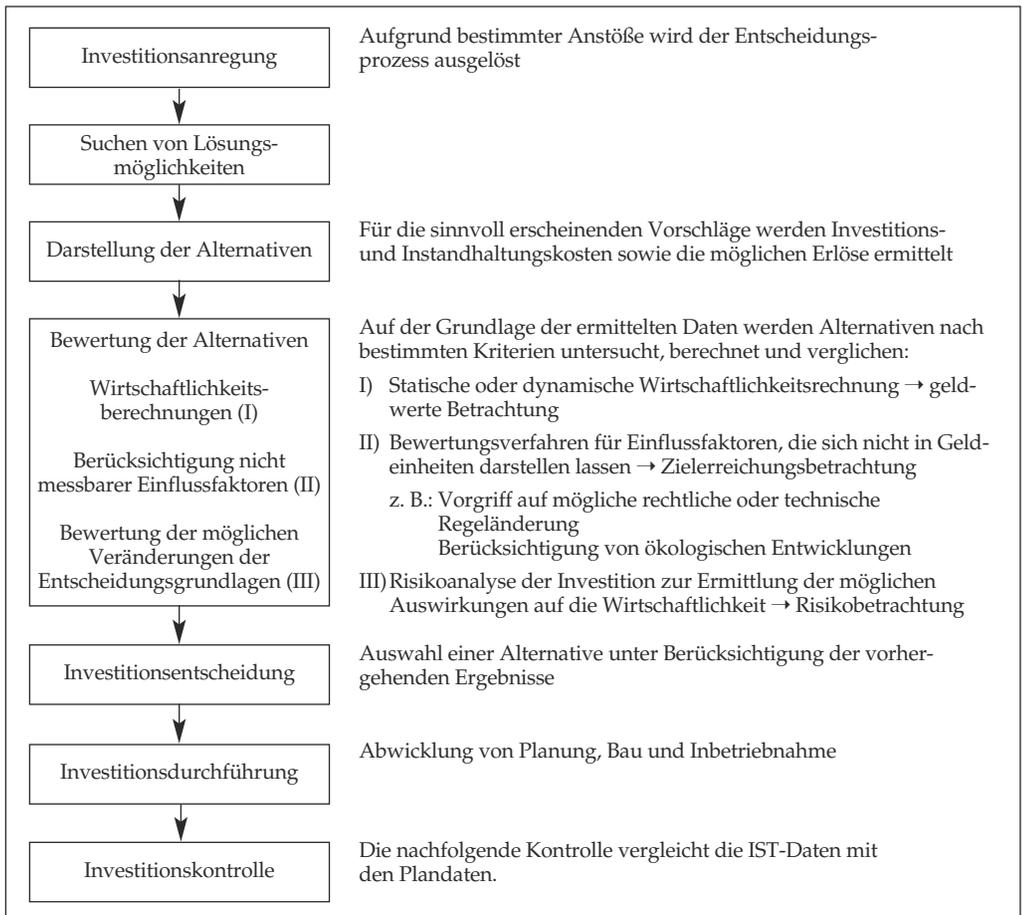


Tabelle 1.1 Koordination der sich überschneidenden technischen und betriebswirtschaftlichen Maßnahmen

## 1.1 Grundkonzeption

Vor dem Bau einer Anlage muss das Anlagenkonzept umfangreichen Analysen unterworfen werden, um alle wichtigen Informationen über Ursachen, Auswirkungen und Einflüsse, d.h. alle Interaktionen sowohl technischer als auch wirtschaftlicher Art, gewinnen und einplanen zu können (z.B. die Effizienz der Energieumwandlung oder -nutzung, Umwelteinwirkungen usw.).

Für Verfahren, bei denen prinzipiell in Bild 1.1 dargestellte Einflussgrößen eine Rolle spielen, sind eine Vielzahl übergreifender Betrachtungen maßgebend.

Es sind u.a. folgende Informationen zu analysieren:

- welche Produkte sollen erzeugt werden, und welche Nebenprodukte entstehen dabei?
- wieviel Energie, Roh- und Hilfsstoffe müssen dazu eingesetzt werden?
- welche Umstände sind bei der Rohstoffumsetzung einzuplanen?
- welche Abfallstoffe (Sorten und Mengen) sind zu erwarten?
- wieviel Abwärme entsteht, und kann sie wieder genutzt werden?
- welche Emissionen können auftreten?
- wie groß ist der Bedienungsaufwand?
- welche Genehmigungsrichtlinien sind zu berücksichtigen?
- welche Zuverlässigkeit kann die Anlage garantieren?
- wie ist die Störfallsicherheit zu bewerten?
- welche Restrisiken bleiben?
- welcher Wirkungsgrad ist real erreichbar?
- mit welcher Lebensdauer ist zu rechnen?

- wie ist der Stand der Technik?
- welche Akzeptanz hat die Anlage bei Behörden und in der Bevölkerung?
- ist der Standort richtig gewählt?
- welche Anlagenverfügbarkeit eröffnet der Markt?
- welche Anlagengrößen sind sinnvoll?
- wie hoch sind die Investitionskosten?
- wie hoch sind die Betriebskosten und wie ist die Kostenentwicklung für Personal und allen Roh- sowie Hilfsstoffen zu beurteilen?
- welche Produktmärkte sind vorhanden und mit welcher Marktentwicklung ist zu rechnen?
- gibt es konkurrierende Produkte?
- wie ist die Entwicklung der Märkte für diese Produkte zu beurteilen?
- gibt es konkurrierende Herstellungsverfahren?
- welche Finanzierungsmöglichkeiten sind zu vergleichen?

Aus dieser Liste erkennt man, dass für eine umfassende Anlagenplanung weit mehr Analysen durchzuführen sind als über die Produktherstellung.

Entsprechend den aufgelisteten Informationen ist es z.B. notwendig, folgende Arbeiten auszuführen:

- Aufstellen von Fließschemata,
- Erstellen von Maschinen- und Apparate-listen,
- Funktionsbeschreibungen,
- Erstellen von Mengen- und Energiebilanzen für das Gesamtverfahren, für Bereiche sowie für Komponenten,
- Ermittlung von Wirkungsgraden, Umwandlungsgraden und Ausbeuten,
- Zusammenstellung der Anforderungen an Maschinen und Apparate,

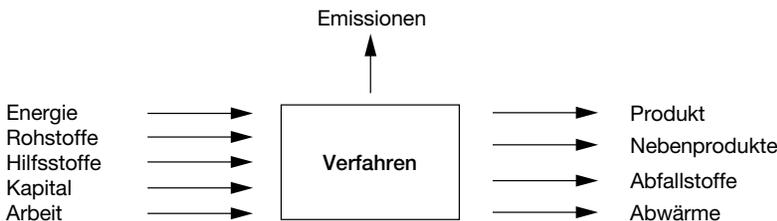


Bild 1.1 Einflussgrößen eines Verfahrens

Tabelle 1.2 Notwendige Informationen im Rahmen von Verfahrensanalysen

|                                |  |
|--------------------------------|--|
| 1. Stoffe                      | physikalische Eigenschaften<br>chemische Eigenschaften<br>Qualitätsmerkmale<br>Gefährlichkeit<br>(Sicherheitsdatenblatt)   |
| 2. Verfahren                   | physikalische Verfahren<br>chemische Verfahren<br>Voraussetzungen, Zeiträume, Verweilzeiten<br>Abhängigkeiten von Geschwindigkeit, Druck, Temperatur und Konzentration<br>Hilfsstoffe, Katalysatoren, sonstige Hilfsmittel   |
| 3. Stoff- und Energietransport | mechanische Antriebe<br>Austauschvorgänge (Gefälle von Druck, Temperatur und Konzentration)<br>Bilanzen (stationär, instationär)<br>Ausbeuten (Gesamtausbeute, einzelne Komponenten, Energie, Umsetzung, Ursachen von Verlusten)   |
| 4. Maschinen und Apparate      | Prinzipien<br>Schaltungen (innere und innerhalb der Anlage)<br>Konstruktion<br>spezifische Leistungen<br>Durchsatzmengen, Bedarfswerte<br>Temperaturen, Drücke, Stoffe<br>Baustoffe, Resistenzen, Herstellungsverfahren<br>Dimensionierungen, Statik, Festigkeit, Lebensdauer<br>gegenseitige Abhängigkeiten und Wirkungen<br>Sicherheits- und Umwelttechnik |
| 5. Betrieb                     | Einstellung, Variation<br>Regelung und Steuerung, Messtechnik<br>Bedienung, Personal, Organisation<br>Wartung, Prüfung, Instandhaltung<br>Reparatur<br>Sicherheit<br>erforderliche Genehmigungen   |
| 6. Kosten                      | Investitionskosten<br>Betriebskosten<br>Entwicklungskosten<br>Lebensdauer, Abschreibungsmodalitäten<br>Verfügbarkeit<br>Erlöse, Gewinne, Renditen<br>Kostenentwicklung<br>Risiken  |

- Dimensionierung von Maschinen und Apparaten,
- Ermittlung von Bauteilbelastungen,
- Ermittlung besonderer Betriebsbedingungen,
- Beurteilung des Standes der Technik bei Verfahren und Komponenten,
- Analyse von Verfahrensvarianten und Verfahrensalternativen,
- Optimierung von Verfahren und Komponenten,
- Lebensdauerbeurteilungen,
- Behandlung von Genehmigungsfragen,
- Untersuchung von Standortbedingungen,
- Beurteilung von Auswirkungen auf die Umwelt,
- Behandlung von Entsorgungsmöglichkeiten,
- Sicherheits- und Störfallanalysen,
- Kostenermittlungen, Marktanalysen, Prognosen,
- Termingroßplanung (s. Abschnitt 5.1).

Damit diese und andere umfangreiche Arbeiten durchgeführt werden können, müssen für die im

Verfahren eingesetzten Stoffe, Prozesse, Maschinen und Apparate genaue und vollständige Informationen zusammengestellt werden. Gleiches gilt für die Fragen des Stoff- und Energietransportes, für Betriebsfragen sowie für Kosten. Tabelle 1.2 zeigt dazu eine Auflistung wesentlicher Fakten.

Ein Beispiel dafür, welche Vielfalt von Gesichtspunkten schon bei der Planung oder Beurteilung einer einzelnen Komponente berücksichtigt werden müssen, sind Wärmeaustauscher, die in allen Bereichen des Anlagenbaues in großen Stückzahlen zum Einsatz kommen.

- Thermodynamische Auslegung, Dimensionierung:
- $\alpha$ -Koeffizient,  $k$ -Koeffizient, logarithmische Temperaturdifferenzen, Strömungsführung, Heizflächenbelastung, volumetrische Leistung, Druckverlust, Rohrwandtemperatur, Apparateabmessung, Fouling.
- Mechanische Auslegung und Werkstoffauswahl: Wandstärken, mechanische Spannun-

gen im Normalbetrieb und in Störfällen, stationäre und instationäre thermische Spannungen, Beulen, Kriechen, Bersten, Ermüdung, Korrosion, Versprödung.

- Auslegung gegen Schäden durch Schwingungen, Erosion usw.,
- Verschmutzungseffekte, primär- und sekundärseitig,
- Zugänglichkeit, Prüfbarkeit, Überwachung, Reparatur, Austauschbarkeit,
- Betriebskonzepte,
- Fertigungsverfahren,
- Baugrößen, Extrapolierbarkeit von Erfahrungen,
- Erprobungsmöglichkeit,
- Stand der Technik,
- Schadensfälle und
- Herstellungskosten.

In Bild 1.2 sind die möglichen Entwicklungsphasen einer Anlage dargestellt.

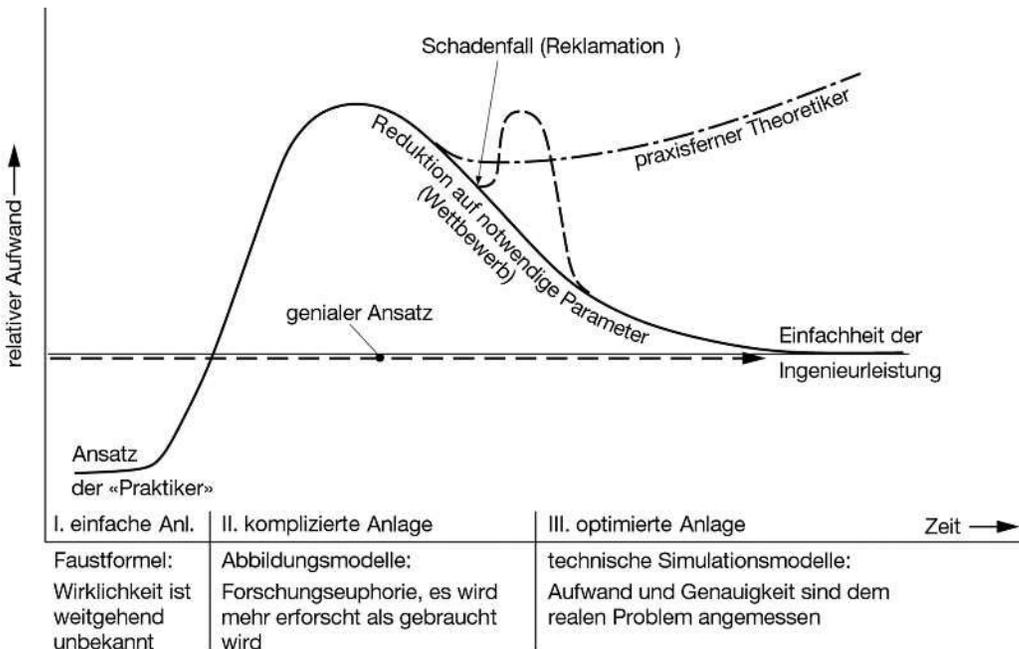


Bild 1.2 Entwicklungsphasen für Anlagen

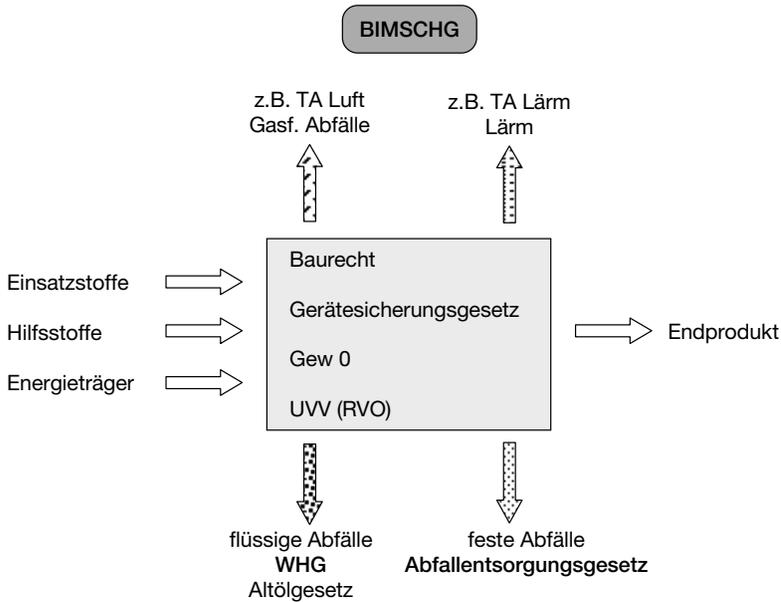


Bild 1.3 Grundkonzeption von sicherheits- und umwelttechnischen Anforderungen

| Rechtsgebiet           | Schutzziel   |
|------------------------|--|
| Gerätesicherungsgesetz | Schutz der Beschäftigten und Dritter vor Brand, Explosion, Vergiftung, Verätzung   |
| Wasserrecht            | Schutz vor Verunreinigungen im Sinne des Besorgnisprinzips bzw. des Prinzips der höchstmöglichen Sicherheit.   |
| Baurecht               | Standsicherheit, Festigkeit der Konstruktion, Bemessung, Ausbildung der Konstruktionsteile im Hinblick auf die physikalischen und chemischen Betriebsbedingungen, Brandsicherheit. |
| Umweltschutzrecht      | Schutz vor Verunreinigungen von Wasser und Luft, vor unsachgemäßer Nutzung und Vernichtung; Natur- und Landschaftsschutz; Schutz vor Lärm und Erschütterungen.                     |

## 1.2 Sicherheits- und umwelttechnische Anforderungen

Die Grundkonzeption von sicherheits- und umwelttechnischen Anforderungen zeigt Bild 1.3.

### 1.2.1 Gesetze, Verordnungen, Normen, Vorschriften

Gesetze, Verordnungen, Normen, Vorschriften usw. sind Ordnungsmittel einer Gemeinschaft (Bild 1.4). Das Gesetzeswerk ist in jedem geordneten Gemeinwesen der Maßstab, mit dem die einzelnen, sich widerstrebenden Interessen objektiv gemessen und in eine Rangfolge gebracht werden können.

### 1.2.2 Sicherheitstechnik

Sicherheitsrelevante Überlegungen müssen während der Entwicklung bzw. Optimierung eines Verfahrens in allen Phasen mit einbezogen werden. Der Umfang einer sicherheitstechnischen

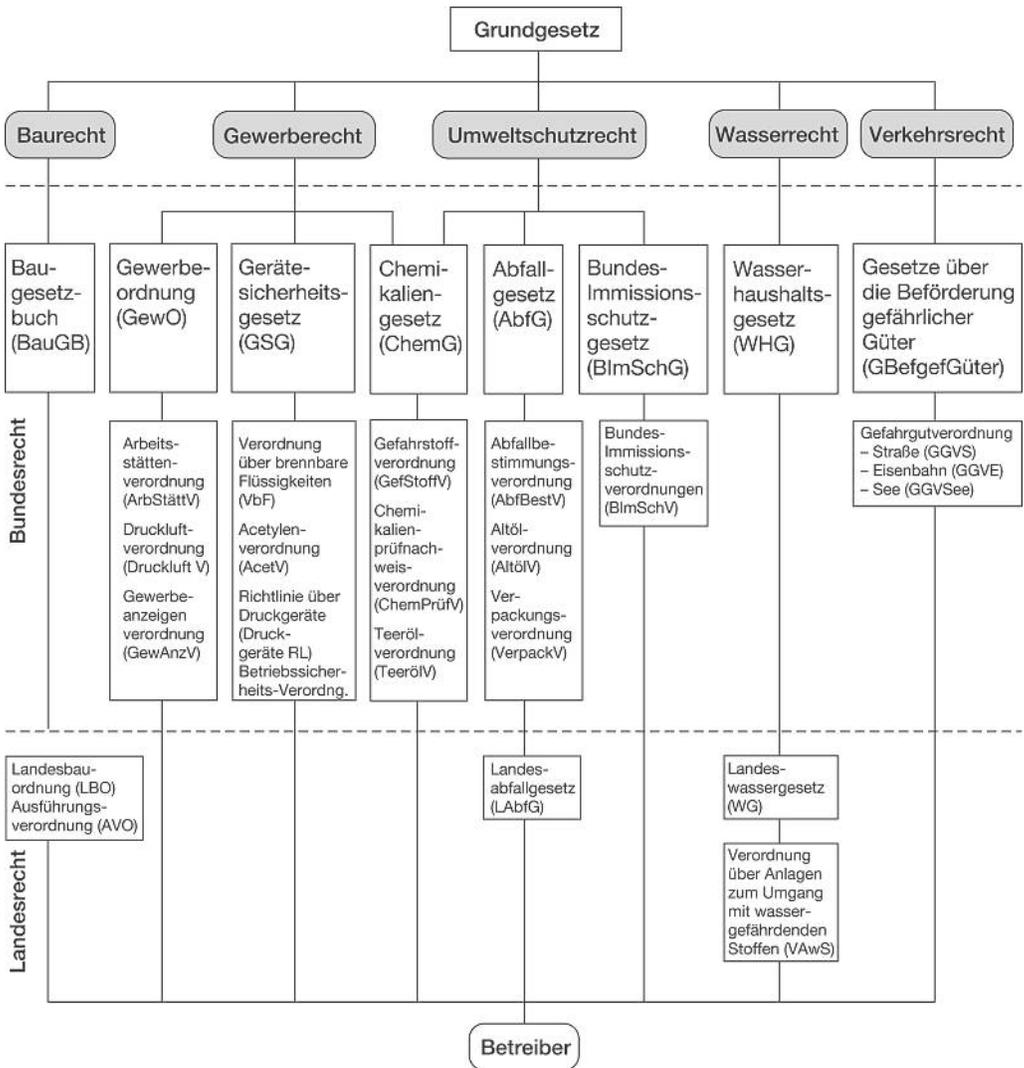


Bild 1.4 Übersicht von Gesetzen und Verordnungen (Beispiele)

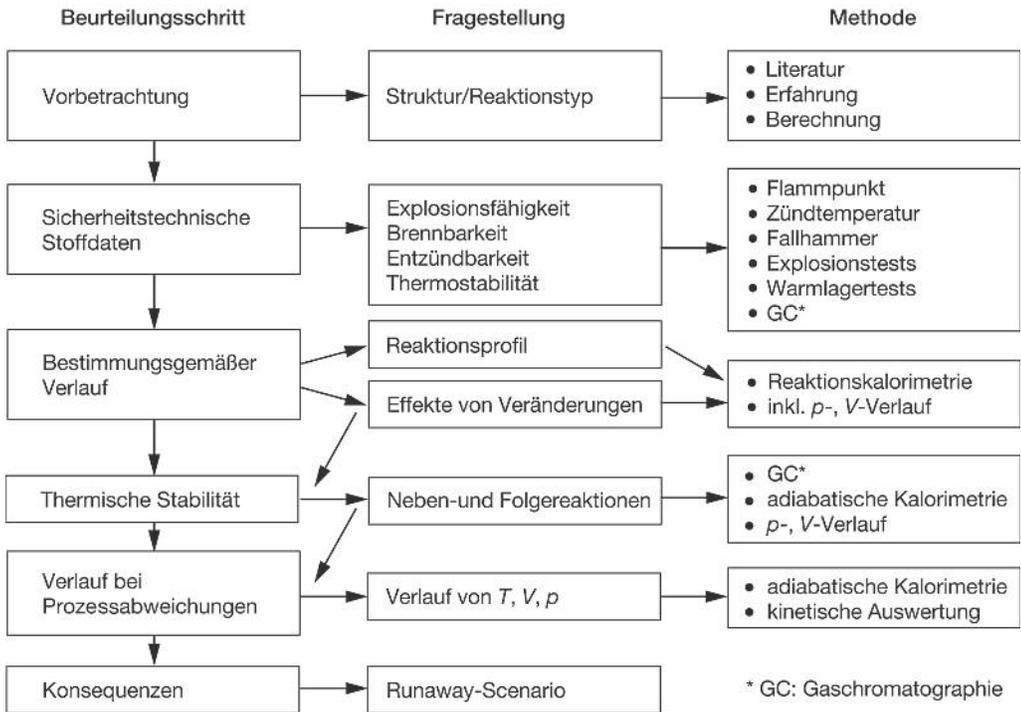


Bild 1.5 Ablauf sicherheitstechnischer Beurteilungen – Fragestellungen und Methoden

nischen Untersuchung hängt von der Stufe der Prozessentwicklung und -durchführung ab. In Bild 1.5 ist der Ablauf sicherheitstechnischer Beurteilungen dargestellt.

### 1.2.3 Sicherheitseinrichtungen

Bild 1.6 zeigt schematisch am Beispiel eines Rührkessels die verschiedenen Behälterabsicherungen. Sie können folgenden Typen zugeordnet werden:

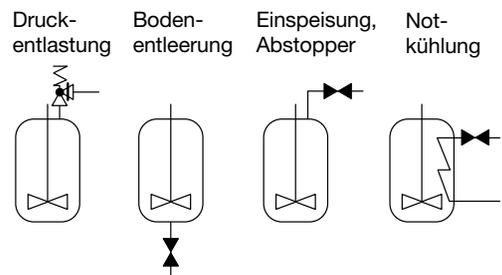


Bild 1.6 Absicherungsformen für Reaktionsbehälter

□ Druckentlastung, auch Notentspannung genannt. Berstscheiben und gewichts- oder federbelastete Sicherheitsventile öffnen bei einem voreingestellten Druck. Wenn die im Behälter verbleibenden Stoffmengen so groß sind, dass die Reaktion weiter durchgeht, muss eine zusätzliche Absicherung gemäß einem der nachstehenden Typen vorgesehen werden.

□ Bodenentleerung ist als alleinige Absicherung in der Regel ungenügend.  
 □ Ein Abstopper ist für Mehrzweckanlagen ungeeignet, wegen der Vielzahl von Reaktionen.  
 □ Notkühlung durch Kühlflächen im oder am Reaktor.

Wenn mit Verkrustung der Kühlflächen zu rechnen ist, bietet die Notkühlung als alleinige Absicherung zu wenig Sicherheit.

Eine Variante der Notkühlung ist das Fluten mit einer geeigneten Flüssigkeit. Dadurch entstehen in großen Mengen verunreinigte Flüssigkeiten, die entsorgt werden müssen.

- Mit Hilfe der Mess- und Regelungstechnik kann man ebenfalls Absicherungen konzipieren. Dabei werden Prozessgrößen (z.B. die Temperatur im Behälter) gemessen und bei Überschreitung von Grenzwerten entsprechende Aktionen (z.B. Öffnen eines gesteuerten Sicherheitsventils oder Abpumpen des Behälterinhalts) ausgelöst. Die Zuverlässigkeit derartiger Absicherungen mit Hilfe der Mess- und Regelungstechnik ist begrenzt (s. AD – A6).

Nur in einfachen Fällen genügt eine Absicherung nach einem einzigen der oben genannten Typen. Im Normalfall ist eine Kombination erforderlich. Die Druckentlastung wirkt grundsätzlich als Kombination von Druckentlastung und Entleerung, weil dabei auch eine Reduktion der Stoffmengen im Reaktor erfolgt.

### Druckentlastungsvorgang

Zu Beginn einer Druckentlastung öffnet sich die Druckentlastungsarmatur. Das sog. kritische Druckverhältnis für ideale Gase ist 0,5, d.h., bei einem Innendruck von 2 bar und einem Umgebungsdruck von 1 bar wird die Schallgeschwindigkeit im Ausströmquerschnitt erreicht.

Der Reaktordruck zu Beginn der Druckentlastung ist in den meisten Fällen höher als 2 bar, so dass auch für ein nichtideales Gas mit Schallgeschwindigkeit in der Druckentlastungsarmatur zu rechnen ist. Nach dem Öffnen der Druckentlastungsarmatur sinkt der Druck im Reaktor ab. Bei hoher Reaktortemperatur verdampft ein Teil der Flüssigkeit, was jedoch durch den Siedeverzug behindert wird. Nach Beendigung des Siedeverzugs desorbiert der Dampf aus der Flüssigkeit, wobei Tropfen mitgerissen werden. Durch den Flüssigkeitsanteil erhöht sich der Strömungswiderstand in der Druckentlastungsarmatur.

Dies hat zur Folge, dass der Reaktordruck in dieser Phase der Druckentlastung ansteigt. Danach sinkt er langsam und stetig. Bei einer Druckentlastung laufen somit verschiedene thermohydraulische und chemische Vorgänge ab.

Im einzelnen sind dies:

- Strömung mit Schallgeschwindigkeit in der Druckentlastungseinrichtung,
- Desorption von Gasen und Dämpfen aus Flüssigkeiten,
- 2-Phasen-Strömung in der Druckentlastungseinrichtung,
- chemische Reaktionen mit ihrer Reaktionskinetik.

Diese Vorgänge können berechnet oder mindestens qualitativ beurteilt werden.

Für die Strömung von einem Dampf-Flüssigkeits-Gemisch mit Schallgeschwindigkeit und die Desorption von Gasen und Dämpfen aus Flüssigkeiten finden sich Angaben in der Literatur.

Um eine Aussage über den Charakter der 2-Phasen-Strömung machen zu können, müssen experimentelle Ergebnisse oder betriebliche Erfahrungen über den Flüssigkeitsanteil verwendet werden.

Bei Mehrzweckanlagen legt man die maximalen Temperaturen und Drücke fest und dimensioniert die Druckentlastungseinrichtung unter Annahme der Schallgeschwindigkeit.

### 1.2.4 Prozessleittechnik (PLT) sichert Anlagen

In der Richtlinie VDI/VDE 2180 ist die Sicherung von Anlagen der Verfahrenstechnik durch die Prozessleittechnik (PLT) beschrieben, und es werden allgemeine Grundsätze vorgestellt, die für die Planung, Errichtung und den Betrieb derartiger Einrichtungen hilfreich sind. Vorzugsweise werden verfahrenstechnische Einrichtungen mit Nicht-PLT-Einrichtungen abgesichert. PLT-Einrichtungen zur Anlagensicherung kommen dann zum Einsatz, wenn andere Maßnahmen nicht anwendbar, nicht ausreichend oder bei vergleichbarer Risikoreduzierung nicht wirtschaftlich sind. Die Anwendung möglichst einfacher, überschaubarer und unmittelbar wirkender Maßnahmen führt in der Regel zu sicheren und gleichzeitig wirtschaftlichen Lösungen. Komponenten von Einrichtungen der Prozessleittechnik zur Anlagensicherung sind:

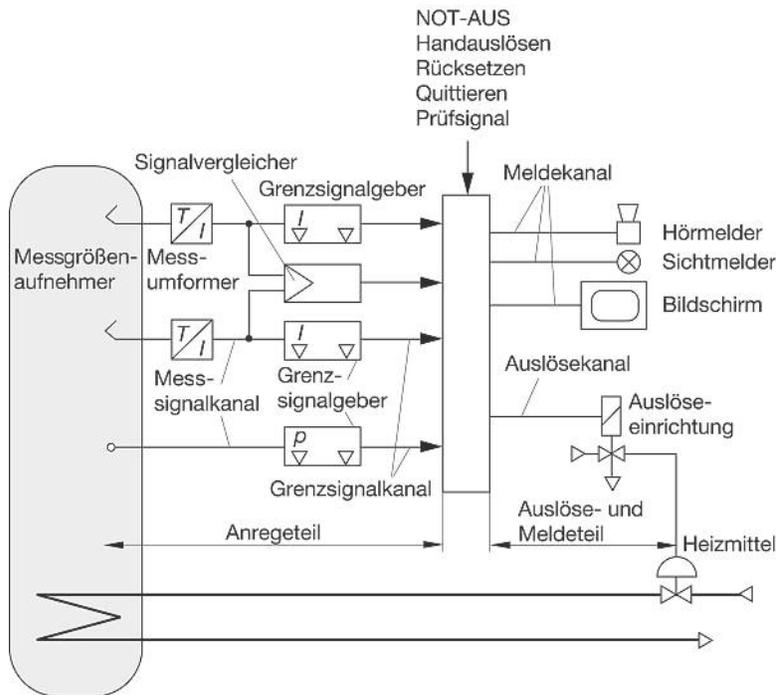


Bild 1.7 Grundsätzliche Wirkungsweise von PLT-Einrichtungen zur Anlagensicherung

- Anregeteil, z.B. bestehend aus Messgrößen-aufnehmer, Messumformer, Grenzs-signalgeber und ggf. Signalvergleichler für redundante analoge Signale,
- Einrichtungen zur Signalverarbeitung,
- Auslöseeinrichtungen und Melder.

Die für die Anlagensicherung bedeutende Prozessgröße, die «Prozesssicherungsgröße», wird von einem Messgrößen-aufnehmer erfasst und häufig über einen Messumformer in ein analoges oder ein digitales Signal umgeformt. Ihr Wert wird in einem Grenzs-signalgeber mit einem vorgegebenen Grenzwert oder in einem Signalvergleichler mit einem anderen Signal verglichen (Bild 1.7). Das Ausgangssignal des Grenzs-signalgebers ist ein Grenzs-signal, das vom Signalvergleichler ist ein Plausibilitätssignal. Beide Signale haben binäre Signalzustände.

Überschreitet der Wert der Prozesssicherungsgröße einen Grenzwert im zulässigen Fehlbereich, so wird aus dem Gutsignal des Grenzs-signalgebers ein Fehlsignal.

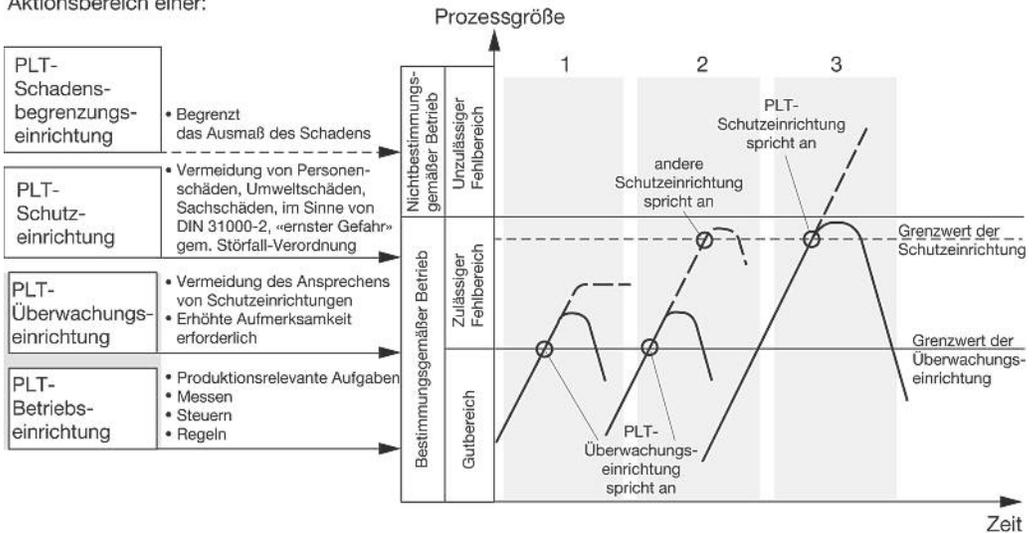
#### 1.2.4.1 Klassifizierung von PLT-Einrichtungen

Die Sicherung von Anlagen der Verfahrenstechnik mit Mitteln der Prozessleittechnik setzt eine eindeutige Unterscheidung zwischen sicherheitsrelevanten und betrieblichen Anforderungen voraus. Daher werden die Einrichtungen der Prozessleittechnik klassifiziert in (Bild 1.8):

- PLT-Betriebseinrichtungen,
- PLT-Überwachungseinrichtungen,
- PLT-Schutzeinrichtungen,
- PLT-Schadensbegrenzungseinrichtungen.

Die Klassifizierung hat zum Ziel, PLT-Einrichtungen aufgabengerecht und mit wirtschaftlichem Aufwand auszugestalten. Sie ermöglicht klare Abgrenzungen, sowohl bei der Planung, Errichtung und Betrieb als auch bei späteren Änderungen von PLT-Einrichtungen. Über den Einsatz von PLT-Einrichtungen zur Anlagensicherung, über ihre Aufgabenstellung

Aktionsbereich einer:



Beim Kurvenverlauf 1 kann die Prozessgröße verfahrensbedingt den unzulässigen Fehlbereich nicht erreichen. Eine Überwachungseinrichtung ist ausreichend. Durch selbsttätigen oder – nach einer Meldung – manuellen Eingriff wird die Prozessgröße in den Gutbereich gebracht.

Beim Kurvenverlauf 2 kann die Prozessgröße die Grenze zum unzulässigen Fehlbereich überschreiten. Da eine andere Schutzeinrichtung (wie Sicherheitsventil, Berstscheibe, Schnellöffnungsventil, Schnellschlussventil) vorhanden ist, ist eine vorgeschaltete PLT-Einrichtung, die das Ansteigen der Prozessgröße meldet oder begrenzt, als Überwachungseinrichtung klassifiziert.

Im Kurvenverlauf 3 verhindert die PLT-Einrichtung, dass die Prozessgröße den unzulässigen Fehlbereich erreicht. Sie ist deshalb Schutzeinrichtung.

Die Schadensbegrenzungseinrichtung wirkt nicht auf die Prozessgröße.

Bild 1.8 Schematische Darstellung der Wirkungsweise von PLT-Schutz- und PLT-Überwachungseinrichtungen

und ihre Ausführung wird in der Sicherheitsbetrachtung entschieden.

### 1.2.4.2 Klassifizierungsbeispiele

Die in Bild 1.7 aufgeführten Beispiele geben Hinweise, wie PLT-Einrichtungen in typischen verfahrenstechnischen Einrichtungen entsprechend der Aufgabenstellung klassifiziert werden können. Aus der zur Erläuterung beispielhaft gewählten prozessleittechnischen Ausstattung kann keine Verbindlichkeit oder Empfehlung für vergleichbare Anwendungsfälle abgeleitet werden. Vielmehr ist für den konkreten Anwendungsfall eine jeweils darauf zugeschnittene Lösung zu erarbeiten. Die zeichne-

rischen Darstellungen der verfahrenstechnischen Anlagen enthalten nur die zum Verständnis der Aufgabenstellung notwendigen Anlagenteile und PLT-Einrichtungen. Nicht dargestellt sind PLT-Einrichtungen zur Vermeidung von Produktschäden und Sachschäden, die in unternehmerischem Eigeninteresse betrachtet werden und bei denen Personen- und Umweltschäden ausgeschlossen werden können.

Die Kennbuchstaben für die PLT-Funktionen sind in Anlehnung an DIN 19227 gewählt, wobei die Folgebuchstaben S für PLT-Überwachungseinrichtungen und Z für PLT-Schutzeinrichtungen nach durchgeführter Klassifizierung zu ergänzen sind.

### 1.2.4.3 Anwendungsbeispiel Absicherung von Rührkesseln

#### Verfahrensbeschreibung

Der Rührkessel (Bild 1.9) wird mit Einsatzstoff gefüllt. Danach leitet man unter Zugabe von Luft die Reaktion ein. Der Sauerstoff wird vollständig umgesetzt. Als Inertgas fällt Stickstoff mit Kohlenwasserstoffanteilen an, das man einem Abgasnetz zuführt. Dieses Netz muss weitgehend sauerstofffrei sein.

#### Messgrößen

Arbeitstemperatur T, Arbeitsdruck P1, Regelung der Prozesszusammensetzung im Rührkessel QC1, Drehzahl des Rührers S, Kühl- bzw. Heizmitteldurchfluss F, Sauerstoffkonzentration im Abgas Q2, Regelung Abgasdruck PC2.

Exotherme Reaktionen können im Störfall einen exponentiellen Temperatur- und Druckanstieg aufweisen. Für dieses Durchgehen einer Reaktion gibt es verschiedene Ursachen, z.B. falsches Mischungsverhältnis oder Verunreinigung der Rohstoffe bzw. Verkrustung von Kühlflächen. Das eventuelle Durchgehen einer Reaktion erfordert technische Maßnahmen bei der Planung. Hierzu gehört die redundante Ausführung von Komponenten. Redundanz heißt, dass mehr Komponenten vorhanden sind als für die Erfüllung der vorgesehenen Aufgabe erforderlich ist.

Kühlwasserpumpen können z.B. 2fach, parallel geschaltet installiert werden, wobei jeweils nur 1 Pumpe betrieben wird und die 2. erst beim störungsbedingten Ausfall der 1. startet. Die Zuverlässigkeit erhöht sich dadurch wesentlich.

Für die Betriebsführung von durchgehenden Reaktionen werden entsprechende Betriebsvorschriften aufgestellt. Die dadurch erreichte Betriebssicherheit ist von der Zuverlässigkeit des Bedienungspersonals abhängig.

Derartige Maßnahmen bei Planung und Betrieb sind in der Regel nicht ausreichend. Zusätzlich ist eine Absicherung erforderlich, um Schäden am Reaktionsbehälter selbst und an der Umgebung zu verhindern.

### 1.2.5 Emissionen und Emissionsminderung

Wenn die bei der Druckentlastung freigesetzten Stoffe toxisch oder aus anderen Gründen umweltbelastend sind, ist zu prüfen, ob sie unbehandelt an die Umwelt abgegeben werden dürfen (s. Immissionsschutz-Gesetz).

Es gibt verschiedene technische Verfahren zur Behandlung von umweltbelastenden Stoffen, die bei einer Druckentlastung entweichen. Flüssigkeitsabscheider sind geeignet, wenn die bei der Druckentlastung mitgerissene Flüssigkeit umweltbelastend ist, die freigesetzten Gase jedoch unschädlich sind. Zyklone oder Tropfenabscheider sind besser geeignet als leere Behälter.

Eine Dampfkondensation ist empfehlenswert, falls die bei einer Druckentlastung freigesetzten Dämpfe umweltbelastend sind. Meist wird eine Dampfkondensation in einem liegenden Behälter durchgeführt, wobei Wasser oder eine organische Flüssigkeit als Vorlage dient. Wärmeaustauscherkondensatoren, z.B. Rohrbündelapparate mit Wasser als Kühlmedium, benötigen eine Pumpe, die permanent laufen oder bei Bedarf rasch und sicher starten müsste. Deshalb sind Rohrbündelapparate weniger geeignet. Als Dampfkondensator ist noch die Kältespeicherung zu erwähnen. Hier dient ein Salz mit geeignetem Schmelzpunkt oder ein gefrorener Stoff (Eis) zur Kondensation von Dampf aus der Druckentlastung.

Wäscher sind geeignet, wenn eine Waschflüssigkeit zur Reinigung der freigesetzten Gase und Dämpfe bekannt ist. In einem Wäscher können mehrere Verfahrensschritte gleichzeitig durchgeführt werden:

- Abscheidung der Flüssigkeit,
- Kondensation des Dampfes,
- Absorption und Kühlung des Gases.

Bei einer vollständigen Rezeption werden alle bei der Druckentlastung freigesetzten Stoffe in einem geschlossenen Behälter aufgefangen. Auch Taschen aus flexiblem Material, die sich bei der Druckentlastung aufblähen, kommen zum Einsatz. Da aber die benötigten Aufgangsvolumina groß sind, ist eine vollständige Rezeption nur schwer realisierbar.

| <p>Zeichnerische Darstellung in Anlehnung an DIN 19 227</p> | <p>Anwendungsbeispiel</p>  | <p>PLT-Betriebseinrichtung</p>  | <p>PLT-Überwachungseinrichtung</p>  | <p>PLT-Schutzeinrichtung</p>            | <p>PLT-Schadensbegrenzungseinrichtung</p> |
|---|--|---------------------------------|---|---|---|
|   | <p><b>Endotherme Reaktion</b></p> <p>Bei Ausfall der Heizung oder des Rührers ist keine Gefahr unkontrollierter Reaktion gegeben. Durch unvollständigen Umsatz der Reaktionsluft kann die Sauerstoffkonzentration im Abgas ansteigen.</p>  | <p>P1<br/>T<br/>QC1<br/>PC2</p> | <p>S<sub>-</sub><br/>F<sub>-</sub></p>                                      | <p>Q2<sup>+</sup><br/>F<sub>-</sub></p> |   |
|   | <p><b>Exotherme Reaktion</b></p> <p>Bei Ausfall der Kühlung oder des Rührers kann die Reaktionsgeschwindigkeit so stark ansteigen, dass der Druck über PC2 nicht abgeführt wird. Um ein Ansprechen der Berstscheibe und einen damit verbundenen Verlust großer Produktmengen zu vermeiden, wird bei unzulässigem Druckanstieg die Gasphase in einer Notkondensation verflüssigt.</p> | <p>QC1<br/>PC2</p>              | <p>S<sub>-</sub><br/>F<sub>-</sub><br/>P1<sup>+</sup><br/>T<sup>+</sup></p> | <p>Q2<sup>+</sup></p>                   |   |

Bild 1.9 PLT-Schutz- und PLT-Überwachungseinrichtungen am Beispiel eines Rührkessels nach VDI/VDE 2180

Folgende Verfahren kommen nur in speziellen Fällen zur Anwendung:

- Abfackeln  
Bei einer Verbrennung entstehen oft stark umweltbelastende Stoffe, z.B. aus chlorierten Kohlenwasserstoffen. Deshalb ist das Abfackeln für Mehrzweckanlagen ungeeignet.
- Katalytische Abgasreinigung  
Sie arbeitet nur bei einer bestimmten Temperatur und einer bestimmten Gasgeschwindigkeit optimal. Da solche konstanten Bedingungen bei der Druckentlastung naturgemäß nicht gegeben sind, kommt die katalytische Abgasreinigung bei Druckentlastungen kaum zur Anwendung.
- Aktivkohle-Adsorption  
Bei diesem Verfahren können sich infolge der hohen Gastemperatur beim Durchgehen von Reaktionen Brände einstellen.

Je nach Anforderung lassen sich verschiedene Verfahren auch kombinieren. Nach einer Druckentlastungsarmatur kann z.B. ein Wäscher installiert werden, der durch Kondensation der Dämpfe und Kühlung der Gase das freigesetzte Stoffvolumen reduziert. Wenn die verbleibenden Stoffe nicht an die Umwelt abgegeben werden dürfen, ist das Nachschalten einer vollständigen Rezeption möglich. Durch das reduzierte Gasvolumen kommt man dann mit einem relativ kleinen Behältervolumen aus.

### 1.2.6 Abfall oder Reststoff?

Für den Umgang mit Abfällen ist eine Unterscheidung zwischen Abfall und Reststoff wichtig:

- Abfälle sind bewegliche Dinge, deren sich der Besitzer entledigt, unabhängig davon, ob sie verwertet werden.
- Reststoffe sind bewegliche Sachen, die bei der Herstellung, Be- oder Verarbeitung bzw. im Rahmen sonstiger wirtschaftlicher Unternehmen unbeabsichtigt anfallen und vom Besitzer verwertet oder Dritten zur Verwertung überlassen werden können.

In Bild 1.10 ist der Abfall- oder Reststoffkreislauf eines abfallerzeugenden Betriebs grafisch dargestellt. Neben den gewünschten Produkten erzeugt der Betrieb Emissionen (E) in Form von Abluft und flüssigem und festem Abfall (W). Die Reststoffe werden einer internen oder externen Verwertung bzw. Aufarbeitung zugeführt, wobei Wertstofffraktionen zurückgeführt werden (Closed-loop-Verwertung).

Der Betrieb entledigt sich der Abfälle, indem er sie einer der folgenden 5 Betriebsarten zufführt:

- stoffliche und
- energetische Abfallverwertung,
- Abfallbehandlung,
- Abfallverbrennung oder/und
- Abfalldeponierung.

### 1.2.7 Umgang mit wassergefährdenden Stoffen

Der Begriff «wassergefährdender Stoff» und die Ermächtigung zu einer näheren, abgestuften Bestimmung entsprechend der Gefährlichkeit der Stoffe, ist in § 19g, Abs. 5 WHG festgelegt. Er umfasst im Gegensatz zu den «gefährlichen Stoffen» (§ 7a WHG) grundsätzlich alle Stoffe: «Wassergefährdende Stoffe im Sinne der §§ 19g bis 19l sind feste, flüssige und gasförmige Stoffe, ... die geeignet sind, nachhaltig die physikalische, chemische oder biologische Beschaffenheit des Wassers nachteilig zu verändern.»

In diesem Zusammenhang werden Anforderungen gestellt, die sich zum Schutz des Grundwassers (§ 34 Abs. 2) ableiten lassen (Bild 1.11). Mit den vorgesehenen Regelungen zu § 19g bis 19l WHG liegt eine geschlossene Konzeption vor, um unbeabsichtigte Boden- und Grundwasserkontaminationen bei dem Umgang mit Stoffen vorsorglich auszuschließen. Die Art und Schärfe der technischen Anforderungen an die Sicherheitssysteme richtet sich nach

- der stoffspezifischen Gefährdung (Wassergefährdungsklasse, WGK), s. Tabelle 1.3,
- der Stoffmenge, s. Tabelle 1.4,
- der Art der Anlage,
- der Standortempfindlichkeit, s. Bild 1.11.

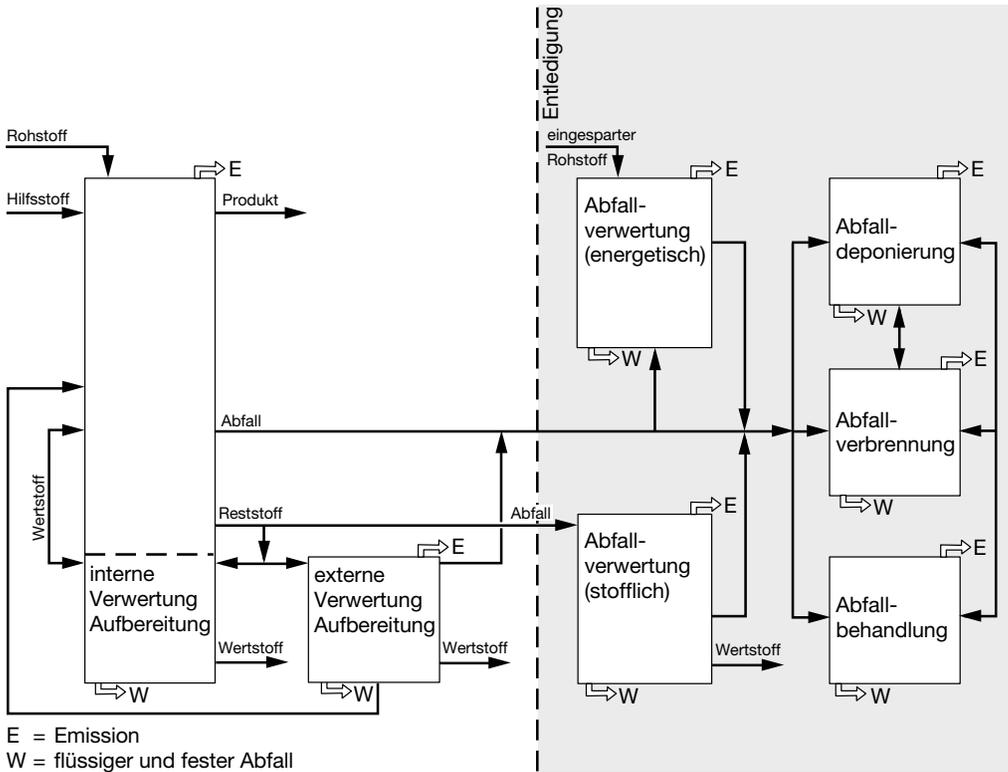


Bild 1.10 Abfall- und Reststoffkreislauf eines Betriebs

Tabelle 1.3 Einteilung wassergefährdender Stoffe in Wassergefährdungsklassen

| Stoffbezeichnung        | WGK     |
|-------------------------|---------|
| Benzol                  | 3       |
| Schmieröle, emulgierbar | 3       |
| Dieselmotortreibstoff   | 2       |
| Formaldehyd             | 2       |
| Methanol                | 1       |
| Ottomotortreibstoffe    | 2       |
| Farben und Lacke        | 1, 2, 3 |
| Verdünnung              | 1, 2, 3 |
| Klebstoffe              | 1, 2, 3 |
| Motor- und Getriebeöle  |         |
| a) unbekannter Herkunft | 3       |
| b) bekannter Herkunft   | 2       |

Tabelle 1.4 Anforderungen an Anlagen zum Lagern, Herstellen, Behandeln und Verwenden wassergefährdender flüssiger Stoffe

| Volumen in m <sup>3</sup> | WGK 1   |     | WGK 2  |   | WGK 3   |   |
|---------------------------|---|-----|--|---|---|---|
|                           |   |     |  |   |   |   |
| ≤ 0,1                     | $F_0+R_0+I_0$   | A   | $F_0+R_0+I_0$  | A | $F_0+R_0+I_0$   | A |
| > 0,1<br>≤ 1              | $F_0+R_0+I_0$   | A   | $F_1+R_1+I_0/$<br>$F_1+R_1+I_1/$<br>$F_0+R_2+I_0$          | A | $F_1+R_1+I_1/$<br>$F_2+R_2+I_0/$<br>$F_0+R_3+I_0$     | B |
| > 1<br>≤ 10               | $F_1+R_1+I_0/$<br>$F_1+R_1+I_1/$<br>$F_0+R_3+I_0$     | A   | $F_1+R_1+I_1/$<br>$F_2+R_2+I_0/$<br>$F_0+R_3+I_0$          | B | $F_1+R_1+I_1+I_2/$<br>$F_2+R_2+I_1/$<br>$F_0+R_3+I_0$ | C |
| > 10<br>≤ 100             | $F_1+R_1+I_1/$<br>$F_1+R_2+I_0/$<br>$F_0+R_3+I_0$     | A   | $F_1+R_1+I_1+I_2/$<br>$F_2+R_2+I_1^{**}/$<br>$F_0+R_3+I_0$ | C | $F_2+R_2+I_1+I_2/$<br>$F_1+R_3+I_1+I_2$               | D |
| > 100                     | $F_1+R_1+I_1+I_2/$<br>$F_2+R_2+I_1/$<br>$F_0+R_3+I_0$ | B/C | $F_2+R_2+I_1+I_2/$<br>$F_1+R_3+I_1+I_2$                    | D | $F_2+R_2+I_1+I_2/$<br>$F_1+R_3+I_1+I_2$               | D |

\*) Bei GFK-Behältern bis 2 m<sup>3</sup> Rauminhalt zur Lagerung von Heizöl und Dieseldieselkraftstoff entfällt R<sub>1</sub>, wenn die Behälter auf einem flüssigkeitsdichten Boden aufgestellt sind und am Aufstellungsort im Umkreis von 5 m keine Abläufe vorhanden sind.

\*\*) An Heizölverbraucheranlagen werden keine über die betrieblichen Anforderungen hinausgehenden Anforderungen an die Infrastruktur gestellt.

Erläuterungen: + zusätzlich  
/ wahlweise

Bezeichnungen

Anforderungen an die Befestigung und Abdichtung von Bodenflächen.

F<sub>0</sub> = keine Anforderung an Befestigung und Abdichtung der Fläche über die betrieblichen Anforderungen hinaus.

F<sub>1</sub> = stoffundurchlässige Fläche.

F<sub>2</sub> = wie F<sub>1</sub>, aber mit Nachweis der Beständigkeit.

Anforderungen an das Rückhaltevermögen für austretende wassergefährdende Flüssigkeiten.

R<sub>0</sub> = kein Rückhaltevermögen über die betrieblichen Anforderungen hinaus.

R<sub>1</sub> = Rückhaltevermögen für das Volumen wassergefährdender Flüssigkeiten, das bis zum Wirksamwerden geeigneter Sicherheitsvorkehrungen auslaufen kann (z.B. Absperren des undichten Anlagenteils oder Abdichten des Lecks).

R<sub>2</sub> = Rückhaltevermögen für das Volumen wassergefährdender Flüssigkeiten, das bei Betriebsstörungen freigesetzt werden kann, ohne dass Gegenmaßnahmen berücksichtigt werden.

R<sub>3</sub> = Rückhaltevermögen ersetzt durch Doppelwandigkeit mit Leckanzeigergerät.

Soweit das Volumen wassergefährdender Flüssigkeiten, das bis zum Wirksamwerden geeigneter Sicherheitsvorkehrungen auslaufen kann, nicht ermittelbar ist, kann das erforderliche Rückhaltevermögen R<sub>1</sub> er-

satzweise nach folgendem Ansatz berechnet werden:  
R<sub>1</sub> = VB × T/TL

Dabei ist

R<sub>1</sub> Rückhaltevermögen in Kubikmetern.

VB Behältervolumen in Kubikmetern.

T Zeit in Stunden bis zum Wirksamwerden vorhandener geeigneter Sicherheitseinrichtungen.

TL Zeit, die für das völlige Leerlaufen des Behälters erforderlich ist in Stunden, bei Behältern mit einem Rauminhalt von weniger als 480 Kubikmetern ist TL = VB/20 anzusetzen.

Anforderungen an infrastrukturellen Maßnahmen organisatorischer oder technischer Art.

I<sub>0</sub> = keine Anforderungen an die Infrastruktur über die betrieblichen Anforderungen hinaus. Soweit sich aus den betrieblichen Anforderungen nichts anderes ergibt, ist eine Betriebsanweisung nach § 3 Nr. 6 der Verordnung nicht erforderlich.

I<sub>1</sub> = Überwachung durch selbsttätige Störmeldeeinrichtungen in Verbindung mit ständig besetzter Betriebsstätte (z.B. Messwerte) oder Überwachung mittels regelmäßiger Kontrollgänge; Aufzeichnung der Abweichungen vom bestimmungsgemäßen Betrieb und Veranlassung notwendiger Maßnahmen.

I<sub>2</sub> = Alarm- und Maßnahmenplan, der wirksame Maßnahmen und Vorkehrungen zur Vermeidung von Gewässerschäden beschreibt und mit den in die Maßnahmen einbezogenen Stellen abgestimmt ist.

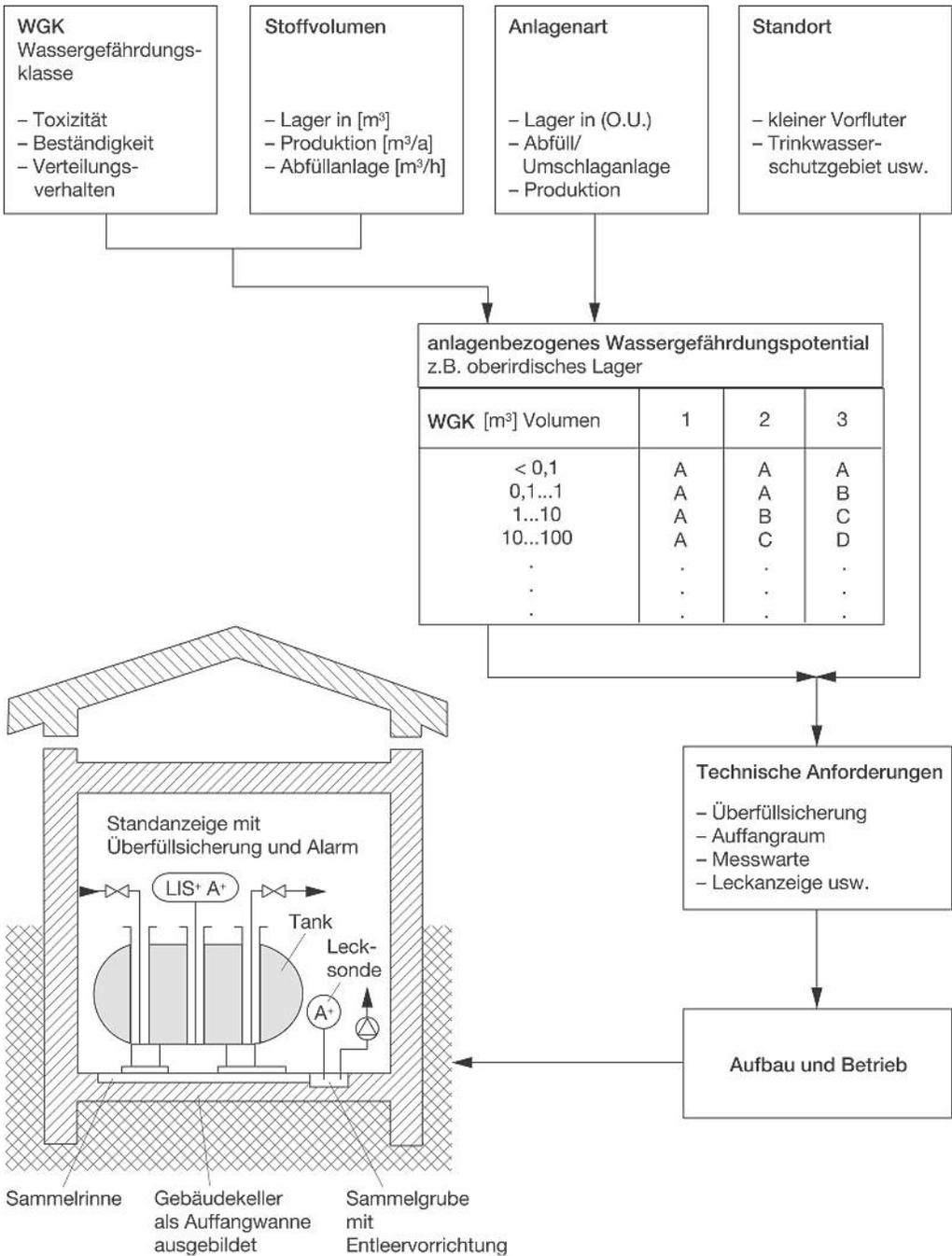


Bild 1.11 Ablaufschema

Tabelle 1.5 Einteilung brennbarer Flüssigkeiten in Gefahrenklassen, gem. VbF

|                            |  |
|----------------------------|--|
| <b>1. Gefahrenklasse A</b> | Flüssigkeiten, die einen Flammpunkt nicht über 100 °C haben und hinsichtlich der Wasserlöslichkeit nicht die Eigenschaften der Gefahrklasse B aufweisen.   |
| <b>Gefahrklasse A I</b>    | Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt unter 21 °C.  |
| <b>Gefahrklasse A II</b>   | Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt von 21 °C bis 55 °C   |
| <b>Gefahrklasse A III</b>  | Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt von 55 °C bis 100 °C.   |
| <b>2. Gefahrklasse B</b>   | Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt unter 21 °C, wasserlöslich. Brennbar Flüssigkeiten der Gefahrklasse A III, die auf ihren Flammpunkt oder darüber erwärmt sind, stehen den brennbaren Flüssigkeiten der Gefahrenklasse A I gleich. |

Tabelle 1.6 Anzeigebedürftige Lagerung von brennbaren Flüssigkeiten

| Lagerort                                  | Behälterart                              | Lagermenge in Litern    |                              |
|---|--|-------------------------|------------------------------|
|   |  | A I                     | A II oder B                  |
| Lager Räume über und unter der Erdgleiche | zerbrechliche Gefäße,<br>sonstige Gefäße | 60 – 200<br>450 – 1 000 | 200 – 1 000<br>3 000 – 5 000 |
| Läger für oberirdische Behälter im Freien | zerbrechliche Gefäße,<br>sonstige Gefäße | –<br>450 – 1 000        | 25 – 100<br>3 000 – 5 000    |

### 1.2.8 Explosionsgefahr und brennbare Flüssigkeiten

Explosionsgefährdete Bereiche sind Bereiche, in denen aufgrund der örtlichen und betrieblichen Verhältnisse eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre durch Dampf-/Luft-Gemische auftreten kann. Die Bereiche werden nach der Wahrscheinlichkeit des Vorkommens gefährlicher explosionsfähiger Atmosphären in die Zonen 0, 1 und 2 eingeteilt. Die explosionsgefährdeten Bereiche können dauernd oder zeitweise vorhanden sein. Die Einteilung in die Zonen dient als Grundlage für die Beurteilung des Umfangs von Schutzmaßnahmen.

- **Zone 0** umfasst Bereiche, in denen eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre ständig oder längere Zeit vorhanden ist,
- **Zone 1** umfasst Bereiche, in denen damit zu rechnen ist, dass eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre gelegentlich auftritt,
- **Zone 2** umfasst Bereiche, in denen damit zu rechnen ist, dass eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre nur selten und dann auch nur kurzzeitig auftritt.

Die Verordnung über brennbare Flüssigkeiten (VbF) teilt diese Flüssigkeiten in Gefahrenklassen ein (Tabelle 1.5).

Bei der Lagerung von brennbaren Flüssigkeiten müssen die technischen Regeln (TRbF) beachtet werden (s. Tabelle 1.6).

Das TRbF-Regelwerk behält hinsichtlich der betrieblichen Anforderungen so lange seine Gültigkeit, bis es durch neue technische Regeln, die der Anschluss für Betriebssicherheit nach § 24 der BetrSichV ermitteln soll, abgelöst wird.

### 1.2.9 Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP)

Gegenstand der Umweltverträglichkeitsprüfung ist die Ermittlung, Beschreibung und – erforderlichenfalls – Beurteilung der Auswirkungen eines Bauvorhabens auf die einzelnen Umweltmedien einschließlich ihrer Wechselwirkungen. Hierbei sind nach § 6 UVPG besonders die möglichen erheblichen Beeinträchtigungen der Umwelt sowie sämtliche Maßnahmen zur Vermeidung, Verminderung oder zum Ausgleich bzw. zum Ersatz der erheblichen Umweltbeeinträchtigungen zu berücksichtigen.

### Anwendungsbereich

Genehmigungspflichtig nach BImSchG sind alle in Nr. 4.1 des Anhangs zur 4. BImSchV genannten Chemieanlagen. Nach § 1 der geänderten 9. BImSchV sind alle Anlagen, die unter Nr. 1 der Anlage zur UVPG aufgeführt sind, einer Umweltverträglichkeitsprüfung zu unterziehen. Für den Bereich der Chemieanlagen gilt hier der Begriff

- «Anlagen zur fabrikmäßigen Herstellung von Stoffen durch chemische Umwandlung, die mindestens mit einer weiteren derartigen Anlage in einem verfahrenstechnischen Verbund stehen».

Diese Formulierung resultiert aus dem entsprechenden Begriff der EG-Richtlinie (85/337/EWG).

### Beispielhafter Untersuchungsrahmen

Generell sind als UVP-relevante Unterlagen nach § 4e der 9. BImSchV vorzulegen:

- Beschreibung der Umwelt
- Beschreibung der erheblichen Auswirkungen
- Geprüfte technische Verfahrensalternativen
- Hinweise auf Schwierigkeiten bei der Zusammenstellung der Unterlagen

#### 1.2.9.1 Umweltdokumentation

Da die meisten Betriebe auf dem Betriebsgelände mehrere bis zahlreiche Anlagen haben, wird i.d.R. vor dem Anlagenbau der Zustand der Umwelt untersucht, erfasst und beschrieben. Die erhaltenen Daten können zu einem erheblichen Anteil über viele Jahre hinweg für Neuansätze und ggf. für Änderungsanträge als Grundlage dienen. Über relativ kurze Zeiträume veränderliche Daten, wie z.B. Luftbelastungswerte, misst man in der Regel ohnehin ständig, so dass für diesen Bereich jederzeit aktuelle Daten vorliegen, die jeweils in die bestehende «Umweltdokumentation» eingefügt werden können.

Der erforderliche Untersuchungsaufwand für die einzelnen Umweltmedien sollte vom potentiellen Ausmaß der Beeinträchtigung durch die geplante Anlage abhängig sein. Insofern macht es keinen Sinn, wenn Biotopkartierungen im Umfeld des Betriebsgeländes durchgeführt wer-

den müssen, wenn zusätzliche Belastungen für Flora und Fauna durch eine Anlage kaum feststellbar sind.

### Allgemeines

- Lage und Besonderheiten des Anlagenstandortes
- allgemeine vergangene und zukünftige Tendenzen im Hinblick auf die betriebliche Entwicklung, Art der Produktionsbereiche des Betriebs, Stellung der geplanten Anlage im Rahmen des Gesamtbetriebs

### Bewertung der Umweltsituation –

#### Ist-Zustand

##### Boden

- Bodenart bzw. Art des Untergrundes und Mächtigkeit der Schichten
- Untergrundaufbau als Profil oder Schichtverzeichnis
- Bodeneigenschaften (im Hinblick auf Empfindlichkeit und Durchlässigkeit gegenüber Schadstoffen)
- Vorbelastung des Bodens

#### *Hydrologische und hydrogeologische Verhältnisse*

Die nachfolgend aufgelisteten Grunddaten sind in der Regel verfügbar:

- jährliche mittlere Niederschlagsmenge
- Grundwasserneubildungsrate
- höchster Grundwasserstand/geringster Fluabstand
- Untergrunddurchlässigkeit/Schichtaufbau des Untergrundes
- Mächtigkeit von Deckschichten
- Grundwasserfließverhältnisse (Fließrichtung, Fließgeschwindigkeit)
- Grundwasserqualität am geplanten Standort wie auch im Grundwasseran- und -abstrom
- Grundwassernutzung im Abstrombereich (Entfernung, Richtung, Entnahmemenge)

*Oberflächengewässer (Einleitgewässer für Abwasser aus der Anlage; andere Gewässer am Standort und in der Standortumgebung)*

- Lage, Größe, Durchflussmenge
- Wasserqualität/Gewässergüteklasse