

## 11. Planung, Bau, Inbetriebnahme, Wartung, Fehlersuche

Die Erfahrung zeigt: noch so gute Geräte nützen nicht viel, wenn bereits bei der Planung und dem Bau einer Anlage grundsätzliche Fehler gemacht wurden. Die meisten Fehler treten bei der Inbetriebnahme bereits auf, aber dauerhaft verlässlicher Betrieb mit wenigen Schäden und geringen Stillstandszeiten ist nur bei entsprechender Wartung möglich.

Viele Hinweise haben wir bereits in den vorhergehenden Kapiteln dieses Buches gegeben. Trotzdem ist der gesamte Themenkomplex so wichtig, dass wir an dieser Stelle nochmals separat auf verschiedene Punkte eingehen wollen. Mehr Hinweise finden Sie in unseren „Leitfaden“ und „Grundlagen für Wartung und Betrieb von Dampfanlagen“.

### 11.1 Planung und Bau

Eine Dampf- und Kondensatanlage ist ein recht komplexes Gebilde. Um den sicheren und effektiven Betrieb sicherzustellen, lohnt sich im Stadium der Planung einige Vorüberlegungen. Investieren Sie hier ruhig etwas Zeit, Sie werden diese während des Baus und im Betrieb sicher zurückgewinnen.

#### 11.1.1 Leistungsermittlung

Im Laufe dieses Buches haben Sie gesehen, welche negativen Auswirkungen die falsche Dimensionierung von Dampfleitungen, von Kondensatleitungen und von verschiedenen Armaturen haben kann. Zur Dimensionierung gehört auch, sich Gedanken zur Nachdampfverwertung, zur Größe der Kondensatbehälter und zu den verschiedenen Druckstufen, die im Dampfnetz vorhanden sein sollen, zu machen. Wichtigste Voraussetzung für alle Dimensionierungen ist, dass der Leistungsbedarf inklusive möglicher Verluste und Reserven entsprechend realistisch ermittelt wird.

Die wichtigsten Hinweise kommen natürlich von den Leistungsdaten der einzelnen Verbraucher. Mit Hilfe der Waserdampf- und der Verbraucherleistung kann die benötigte Dampfmenge wie folgt berechnet werden:

$$m = P \cdot 3600 / \Delta h_v$$

$P$  in kW  
 $\Delta h_v$  in kJ/kg  
 Dampfmenge  $m$  in kg/h

(Der Faktor 3600 rechnet die Leistung pro Sekunde auf Leistung pro Stunde um).

Sie können sich die Berechnung der Dampfmenge mit der folgenden Faustformel, die problemlos bis 13-bar-Dampfdrücke einsetzbar ist, noch einfacher machen:

1 kW entspricht ca. 1,8 kg/h Dampf.

Für die weitere Planung empfehlen wir folgende Vorgehensweise:

1. Auflistung aller Verbraucher
2. Bewertung der Verbrauchsdaten mit Gleichzeitigkeitsfaktoren (nicht alle Verbraucher brauchen in der Praxis zur gleichen Zeit Dampf; das ist mit Gleichzeitigkeit gemeint)
3. Summierung der bewerteten Leistungsdaten
4. Überschlägige Berechnung der Energieverluste (z. B. 10 %)
5. Bei Anlagen, bei denen Dampf an die Umwelt verloren geht (z. B. Luftbefeuchtung oder Sterilisation), werden die Dampfverluste ermittelt.
6. Leistungsreserve festlegen (z. B. 10 %)
7. Summierung aller Leistungsdaten

#### 11.1.2 Dimensionierung

Die Ermittlung der notwendigen Leistung für den Dampferzeuger und die Dimensionierung der Hauptdampfleitung erfolgt mit Hilfe des Ergebnisses aus 11.1.1.

Die Dimensionierung der einzelnen Dampfleitungen, die zu den Verbrauchern führen, erfolgt mit den Leistungsdaten der Verbraucher. Diese Leistungsdaten dienen ebenfalls dazu, die Regelventile und die Kondensatableiter zu dimensionieren. Hinweise auf die Auslegung dieser Armaturen finden Sie in Kapitel 7.4 (Kondensatableiter) und in Kapitel 10.4 (Regelventile). Schmutzfänger, Trockner und Schaugläser werden in der Dimension der Dampf- bzw. Kondensatleitung gewählt.

Werden zur besseren Energieausnutzung eine Nachdampfverwertung und entsprechende Kondensatentspanner eingesetzt, kann die zur Verfügung stehende Nachdampfmenge mit Hilfe des Diagrammes aus Kapitel 9.2 bestimmt werden. Die Größe des zu verwendenden Kondensatenspanners richtet sich nach dem max. Kondensatdurchfluss (in kg/h). Entsprechende Apparate stehen vorgefertigt zur Verfügung.

Um die Größe der notwendigen Behälter für Kondensatrückspeiseanlagen oder Speisewasserbehälter bestimmen zu können, ist es notwendig, einen Wert für die zurückgeführte Kondensatmenge zu ermitteln. Im einfachsten Fall entspricht die Menge des Kondensates (in l/h) der erzeugten Dampfmenge (in kg/h). Im praktischen Betrieb geht jedoch mehr oder weniger Kondensat in der Anlage verloren:

- durch Entlüftung
- durch direkten Dampfverbrauch (z. B. Luftbefeuchtung oder direkte Sterilisation)
- Leckageverluste.

Ein realistischer Rücklaufwert sollte daher festgelegt werden, der Maximalwert entspricht, wie erwähnt, der er-

zeugten Dampfmenge. Folgende Richtgrößen haben Sie im Buch bereits gelesen:

**Speiswasserbehälter:**

$\frac{1}{2}$  bis  $\frac{1}{6}$  des Kondensatanfalles pro Stunde im Anfahrbetrieb  
 $\frac{1}{5}$  bis  $\frac{1}{10}$  des Kondensatanfalles pro Stunde im Dauerbetrieb  
 bei sehr kleinen Anlagen (max. 500 l/h):

Behältergröße = Kesselleistung/h (bzw. genaue Einzelberechnung.)

**Kondensatrückspeiseanlagen innerhalb eines Kondensatsystems:**

Behältergröße ca.  $\frac{1}{2}$  bis  $\frac{1}{3}$  der anfallenden Kondensatmenge.

**11.1.3 Korrosion**

Ursachen und Erscheinungsformen von Korrosionsschäden sind so vielgestaltig, dass man über dieses Thema lange diskutieren könnte, ohne es zu erschöpfen. Wir müssen uns hier damit begnügen, die wichtigsten allgemeinen Gesichtspunkte zu nennen.

Im Gegensatz zur Erosion, bei der infolge übermäßiger Strömungsgeschwindigkeit von Dampf bzw. Kondensat oder wegen zu hohem Wassergehalt des Dampfes Leitungsteile mechanisch abgetragen werden (Sandstrahlwirkung), beruht die Korrosion auf chemischen und elektrochemischen Vorgängen. Korrosion wird also weniger von den Betriebsbedingungen als vielmehr von der Art der strömenden Medien und dem Material der Anlagenteile verursacht. Leitungen, Armaturen und Apparate werden zerfressen und müssen in ungünstigen Fällen schon nach unerwartet kurzer Betriebszeit – einige Monate bis einige Jahre – erneuert werden. Deshalb ist es wichtig, solche Vorgänge frühzeitig zu erkennen und die Ursachen zu beseitigen.

Eine schnelle, billige und stets durchführbare Kontrolle ergibt die Überwachung des Kondensates: Es muss einigermaßen sauber sein. Kommt dagegen eine braune Brühe zum Kondensat-Sammelgefäß zurück, dann tut Hilfe not, denn der „Kakao“ ist nichts anderes als Rost und zeigt deutlich an, dass in der Anlage an einer Stelle Eisen aufgelöst und abgetragen wird, dort also fehlt, und an einer anderen Stelle abgelagert wird und dort vielleicht den Wärmeübergang oder eine Gerätefunktion behindert.

Kommt die Dampf-Kondensat-Anlage mit aggressiven Chemikalien in Berührung, dann sollte man das zurückfließende Kondensat auch chemisch überwachen, um sofort erkennen zu können, wenn Chemikalien durch Undichtheiten in das Leitungsnetz der Dampf-Kondensat-Anlage eindringen. Diese Gefahr besteht vor allem dann, wenn bei der Außerbetriebnahme der Anlage ein Unterdruck im Dampfraum auftritt.

Darüber hinaus wird man bei Reparaturen, Erweiterungen oder Umbauten die eingebauten Armaturen und Leitungen genau auf Anfressungen und Ablagerungen prüfen.

Hier – wie stets im Leben – ist aber Vorsicht besser als Nachsicht, Vorsorge besser als Reue. Dabei ist Vorsicht nicht mit Ängstlichkeit gleichzusetzen, sondern eben mit Vor-Sicht, mit kluger Vorausschau, die Anlagen von vornherein so zu erstellen, dass sie später möglichst keinen Ärger bringen:

Das Kesselspeiswasser muss einwandfrei aufbereitet sein und entgast werden. Dabei ist es aber keineswegs mit dem bloßen Vorhandensein geeigneter Vorrichtungen getan; die genau den Vorschriften entsprechende Betriebsweise ist mindestens ebenso wichtig. Da es sich um den Zusatz oder die Entfernung kleinster Stoffmengen handelt, erscheint hier Kleinlichkeit – ausnahmsweise – gerechtfertigt. Nicht selten ist nämlich eine falsche oder falsch betriebene Wasseraufbereitung die Ursache von schwerwiegenden Korrosionsschäden. Wo dieser Verdacht besteht, ist es am billigsten, den besten erreichbaren Fachmann zu Rate zu ziehen.

Durch sorgfältige Wasseraufbereitung wird die laufende Zufuhr schädlicher Stoffe unterbunden oder wenigstens auf ein unschädliches Maß herabgedrückt. Luft wird sich dennoch mindestens zeitweise in der Anlage breitmachen, wie in Kapitel 4 erläutert wurde. Der Sauerstoff dieser Luft führt aber zusammen mit dem stets vorhandenen Wasser (und mit Kohlendioxid) zur Korrosion. Deshalb ist auch zur Reduzierung der Korrosion eine gute Entlüftung der Dampf-Kondensat-Anlage wichtig.

Da Sauerstoff und Wasser ihr böses Spiel am besten in der Nähe des Wasserspiegels betreiben können, wird man Kondensatstau in den Wärmetauscher hinein wenn irgend möglich vermeiden oder entsprechende Vorkehrungen treffen. Das gilt sowohl für die Betriebszeiten als auch für die Stillstandzeiten der Anlage. Unverzögerte Kondensatableitung während des Betriebes und restlose Entwässerung nach Außerbetriebnahme sind für die Lebensdauer der Wärmetauscher also wichtig. Im Prinzip wäre auch eine wassergefüllte luftfreie Anlage korrosionssicher, wie viele Warmwasserheizungen beweisen. Die völlige Luftfreiheit ist in der Dampfanlage jedoch nicht gewährleistet; außerdem wäre das Anfahren der wassergefüllten Anlage mit Dampf ungleich langwieriger bzw. gefährlicher als bei einer restlos entwässerten Anlage.

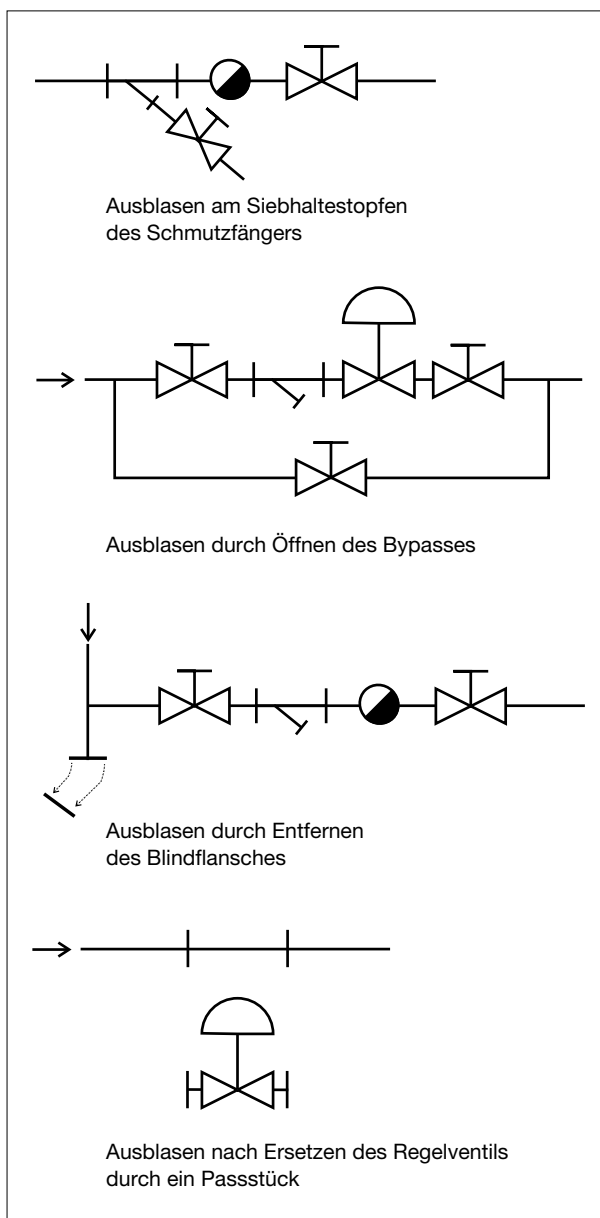
Fassen wir die Maßnahmen gegen Korrosionsschäden zusammen:

- 1. Speiswasser gut aufbereiten.**
- 2. Speiswasser entgasen.**
- 3. Kondensat überwachen.**
- 4. Anlagenteile gelegentlich überprüfen.**
- 5. Dampfanlage gut entlüften.**
- 6. Kondensat unverzögert ableiten.**
- 7. Wärmetauscher restlos entwässern.**

### 11.1.4 Das Schmutzproblem

Es müssen nicht immer Bierflaschen sein, die sich in Rohrleitungen bewegen und neue Anlagen unsicher machen. (Leider war in den von uns gefundenen Flaschen nicht mehr der ursprüngliche Inhalt.) Auch Werkzeuge, Schrauben, Holzstopfen, Dichtungsreste, Schweißrückstände, Putzwolle, Biegesand oder einfach Dreck in den Rohrleitungen können die Übergabeingenieure zur Verzweiflung bringen und z. B. ein Schiff zwei Tage am Auslaufen hindern.

Deshalb sollte es selbstverständlich sein, dass eine neugebaute Anlage vor der Inbetriebnahme gründlich durchgespült bzw. durchgeblasen wird. Dabei darf man den Schmutz natürlich nicht dorthin gelangen lassen, wo man ihn gerade nicht haben will; d. h. man muss ihn vor den Regelgeräten ausblasen oder darum herumführen oder muss die Regelgeräte durch ein Rohrstück ersetzen, wie die folgenden Abbildungen es andeuten.



Es soll allerdings nicht verschwiegen werden, dass solche Forderungen häufig dem Bestreben zum Opfer fallen, die Anlagen möglichst „billig, billig“ und „schnell, schnell“ zusammenzunageln. In manchen dieser Fälle glückt die Inbetriebnahme ja doch („gelingen“ wäre hier nicht der richtige Ausdruck).

Mit dem Überstehen der erstmaligen Inbetriebnahme ist das Schmutzproblem jedoch noch nicht gelöst. Noch längere Zeit hindurch löst sich Walzhaut von der Rohrinne-seite und geht in den Leitungen auf Wanderschaft, rosten Schweißperlen ab, machen sich Dichtungs- und Sandreste selbständig. Deshalb gilt für die gute Installation der Grund-satz:

#### Vor jede Regelarmatur gehört ein Schmutzfänger!

Der Schmutzfänger ist die billigste Sicherung gegen unvorhergesehene Betriebsunterbrechungen. Deshalb sei hier nur nochmals vor der Vogel-Strauß-Einstellung gewarnt, dass kein Personal zur gelegentlichen Reinigung zur Verfügung stehe und deshalb Schmutzfänger nicht in Frage kämen. Ob diese Leute ihre Autos ohne Luftfilter und ohne Ölfilter fahren?

Wenn aus Personalmangel oder Betriebsgründen (ununterbrochener Dauerbetrieb) wirklich kaum Gelegenheit besteht, Schmutzfänger ein- oder zweimal nach der Inbetriebnahme zu reinigen (später wird eine Reinigung nur in großen Abständen nötig sein, weil der Schmutzsammelraum für den geringen Schmutzanfall späterer Jahre verhältnismäßig groß ist, gründliche Reinigung bei der Inbetriebnahme und einwandfreie Wasseraufbereitung vorausgesetzt), dann sollte der Schmutzfänger mit einer Ausblasevorrichtung versehen werden.

Natürlich sollte der Schmutzfänger so montiert werden, dass er später auch tatsächlich gereinigt werden kann. Dazu gehören Zugänglichkeit und genügend Platz unterhalb der Leitung, um das Sieb nach unten herausnehmen zu können. Ist dieser Platz nicht vorhanden, dann kann der Schmutzfänger auch mit seitwärts liegendem Siebkorb montiert werden, was bei Dampf sowieso vorzuziehen ist, vor allem bei den größeren Nennweiten. Nur oben darf der Siebkorb nicht liegen, weil sonst beim Herausnehmen des Siebes der Schmutz in die Leitung zurückfallen würde.

