

Neue Methoden zur Überwachung von Kondensatableitern

Durch das wachsende Interesse an Energieeinsparungen und der Minderung des CO₂-Ausstoßes steigt auch die Bedeutung einer effizienten Überwachung der Kondensatableiter. Dabei liegt das Augenmerk auf einer effizienten, zuverlässigen und leicht zu bedienenden Technik. Die zweckmäßige Kontrolle der Kondensatableiter in Hinblick darauf, ob sie einwandfrei funktionieren, das Kondensat anstauen (Kondensatstau) oder Frischdampf mit entweichen lassen (Dampfdurchschlag), ist ein viel diskutiertes Thema. Die verschiedenen zur Anwendung kommenden Methoden haben einen unterschiedlichen Aussagewert bis hin zur praktischen Nutzlosigkeit.

1 Funktion des Kondensatableiters

Die Hauptfunktion eines Kondensatableiters ist das kontrollierte Ableiten von Kondensat aus dem Dampfsystem. Daneben werden Kondensatableiter in Dampfsystemen oft auch als Entlüfter eingesetzt.

Hier wird unter Kondensatableiter immer eine mechanische Armatur verstanden, die mittels einem der fünf im Folgenden aufgeführten Reglertypen bei anstehendem Kondensat kontrolliert öffnet, und bei anstehendem Dampf entsprechend schließt. Die in der Praxis am häufigsten anzutreffenden Reglertypen sind: Bimetallregler, Membranregler, bzw. Kapselregler, Kugelschwimmerregler, Glockenschwimmerregler und thermodynamischer Regler. Bei gleichem Funktionsprinzip ist die konstruktive Ausführung der Reglertypen von Hersteller zu Hersteller unterschiedlich. Auch Kombinationen aus verschiedenen Reglertypen sind möglich. Zum Beispiel gibt es Duplexregler, welche aus einem Kugelschwimmerregler für die Ableitung von großen Kondensatmengen und einem thermischen Membranregler für die Entlüftung bestehen.

Nicht betrachtet werden in dieser Präsentation als Kondensatableiter eingesetzte elektrisch angesteuerte Armaturen und Ventile, Armaturen mit starren Lochblenden (Venturidüsen) und Sonderausführungen von Kondensatableitern, die vom Hersteller mit einem Reglertyp für definierten Dampfschlupf (Dampfverlust) geliefert werden. Die für Sonderfälle eingesetzten Kondensatableiter mit definiertem Dampfschlupf sind zum Beispiel Regler mit einem internen, oder einem externen Bypass, welcher fest eingestellt oder variabel einstellbar ausgeführt werden kann.

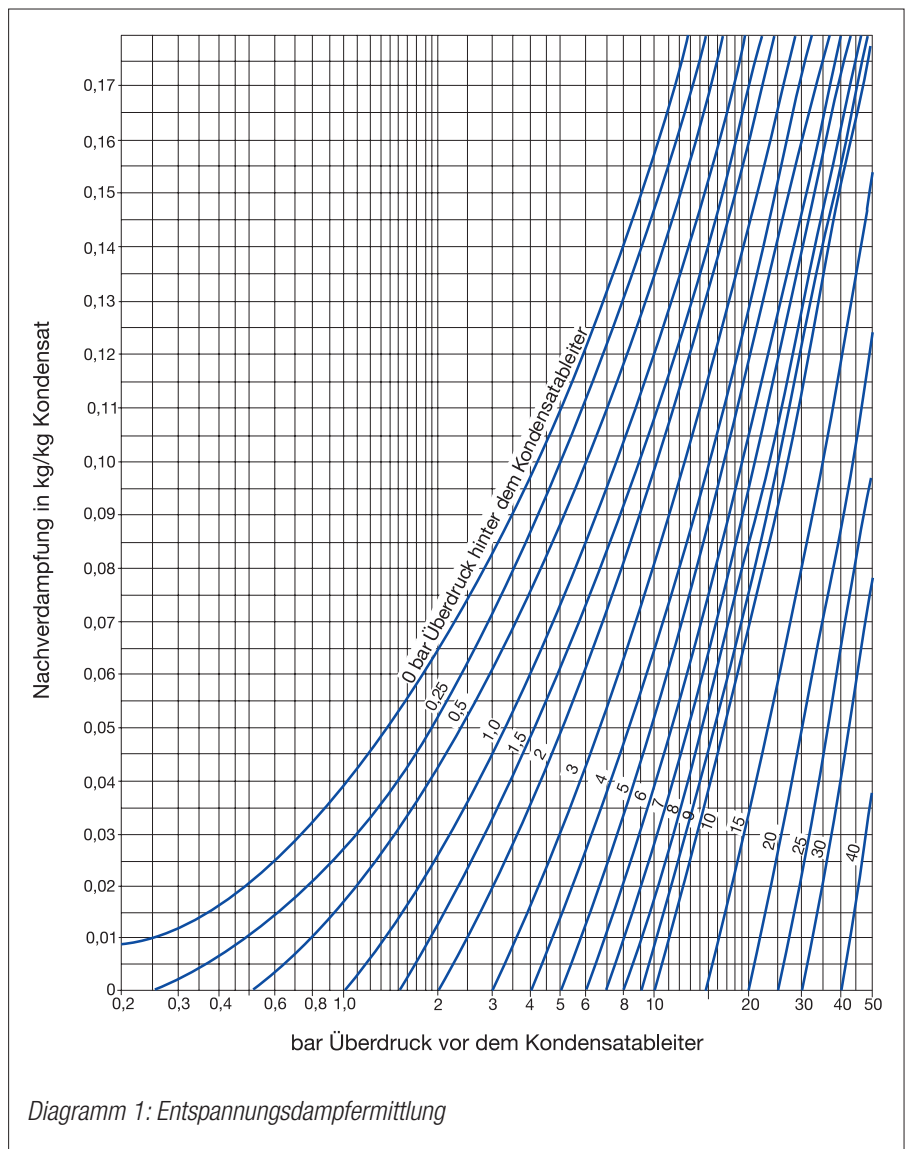


Diagramm 1: Entspannungs-dampfermittlung

2 Darstellung der Kondensatentspannung

Bei der Ableitung von Kondensat wird bei mechanischen Kondensatableitern ein natürliches Druckgefälle ausgenutzt. Zum Beispiel wird siedendes Kondensat aus einem Dampfsystem mit 10 bar Überdruck abgeleitet in eine Umgebung mit 0 bar Überdruck.

Die Temperatur in der Kondensatleitung stellt sich gemäß dem dort herrschenden Druck ein. Auf Grund der Energieerhaltung verdampfen nach dem Kondensatableiter wieder $0,16 \frac{\text{kg Dampf}}{\text{kg Wasser}}$ des abgeleiteten Kondensats, also 16% der Kondensatmasse. Diesen Vorgang bezeichnet man in der Praxis auch als Nachverdampfung und den dabei entstehenden Dampf als Entspannungsdampf. Bei Entspannung von 10 bar Überdruck auf 0 bar Überdruck, vergrößert sich das Volumen von kaltem Wasser praktisch nicht. Wird Sattdampf entspannt, so ändert sich sein Volumen $V_1 = 1 \text{ m}^3$ auf $V_2 = 9,55 \text{ m}^3$.

Zu einer noch wesentlich größeren Volumenänderung, hier $V_1 = 1 \text{ m}^3$ auf $V_2 = 245 \text{ m}^3$ kommt es bei der Entspannung von siedendem Kondensat. Die Volumenzunahme bei der Entspannung von siedendem Kondensat durch die Nachverdampfung zeigt das nachfolgende Diagramm.

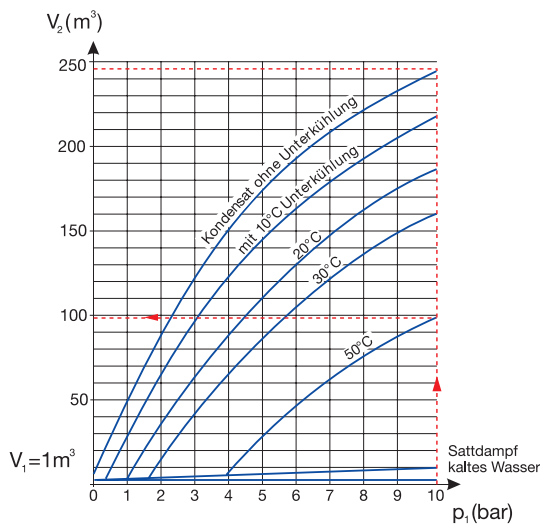


Diagramm 2: Volumenzunahme von 1 m³ siedendem Kondensat durch Nachverdampfung bei Entspannung auf atm. Druck.

In einem Kondensatableiter mit Dampfdurchschlag wird zusätzlich zum abzuleitenden Kondensat auch Frischdampf entspannt. Im Folgenden wird eine adiabate Drosselung angenommen.

Bei trockenem Dampf mit einem Dampfanteil von $x = 1 \frac{\text{kg Dampf}}{\text{kg Wasser}}$ liegt nach der Entspannung im Kondensatableiter überhitzter Dampf vor. Dieser Vorgang wird als Fall A im Diagramm 3 gezeigt. Die ebenfalls im Diagramm 3 eingezeichnete Fälle B ($x = 0,98 \frac{\text{kg Dampf}}{\text{kg Wasser}}$) zeigen eine Entspannung von nassem Dampf mit nur 20 g Wasser pro Kilogramm. Im Fall B liegt die Temperatur des Entspannungsdampfes und des evtl. noch vorhandenen Kondensats nach dem Kondensatableiter entsprechend dem zugehörigen Druck an der Stelle B2 vor. Sehr häufig ist der Druck am Austritt des Kondensatableiters nicht genau bekannt. Der sich aufbauende Druck in der Kondensatleitung ist abhängig von der anfallenden Kondensatmenge, dem Druckgefälle, weiteren eingebauten Armaturen, wie z. B. Rückschlagventilen, Höhensprüngen der Kondensatleitung bis zum Entspanner und natürlich von weiteren Kondensateinleitungen in eine Kondensatsammelleitung. Vielfach sind der Druck und damit auch die Temperatur in der Kondensatleitung nicht konstant.

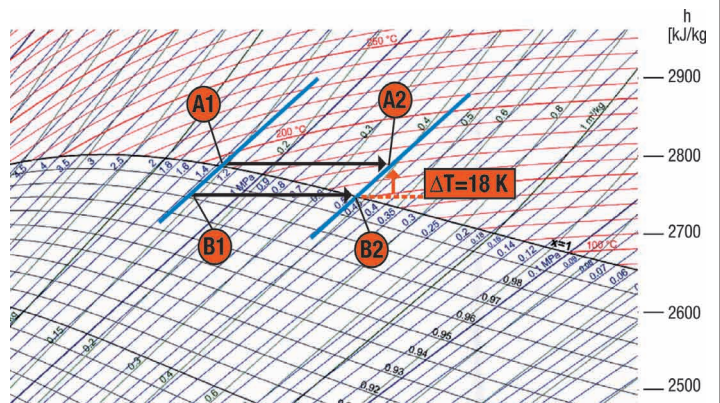


Diagramm 3: Mollier h/s-Diagramm (Ausschnitt)

3 Kontrolle und Überwachung von Kondensatableitern

3.1 Optische Kontrolle von Kondensatableitern

Die Beurteilung der Ableiterfunktion bei Kondensataustritt ins Freie anhand der Größe der „Dampffahne“. Dies ist eine unsichere Methode, weil Entspannungsdampf und Dampfdurchschlag nicht zu unterscheiden sind. Die Größe der Dampffahne hängt wesentlich von der Höhe des Betriebsdrucks, der anfallenden Kondensatmenge und der Kondensattemperatur ab; sie bestimmen die Entspannungsdampfmenge.

Insbesondere bei höheren Betriebsdrücken lässt es sich praktisch nicht beurteilen, ob Frischdampf mit entweicht, wenn Kondensat anfällt. Lediglich bei intermittierend arbeitenden Kondensatableitern (z. B. thermodynamische Kondensatableiter mit Steuerplatte) kann bei Beobachtung über einen längeren Zeitraum eine Veränderung der Schließqualität (zunehmender Verschleiß der Dichtpartien führt zur Erhöhung der Hubfrequenz) festgestellt werden.

3.2 Optische Kontrolle mittels Schauglas

Schauglas hinter dem Kondensatableiter angeordnet

Hierfür gilt prinzipiell das unter 3.1 Gesagte. Der Aussagewert ist

allerdings noch geringer, da in dem kleinen Schauglasraum bereits minimale Entspannungsdampfmenge zu relativ hohen Strömungsgeschwindigkeiten mit entsprechender Wirbelbildung führen. Bei intermittierend arbeitenden Kondensatableitern ist hiermit lediglich der Öffnungs- und Schließvorgang zu beobachten, nicht aber, inwieweit hierbei auch Frischdampf entweicht. Kondensatstau kann nicht beobachtet werden.

Schauglas vor dem Kondensatableiter angeordnet

Bei physikalisch richtiger Gestaltung ermöglicht ein vor dem Kondensatableiter installiertes, speziell ausgebildetes Schauglas (Vaposkop) eine praktisch exakte Kontrolle des Kondensatableiters. Hier gibt es keine Verfälschung durch Entspannungsdampfbildung. Im Gegensatz zu einem hinter dem Kondensatableiter angeordneten Schauglas muss jenes aber bei höheren Drücken und somit auch bei höheren Temperaturen betriebssicher sein. Dies erfordert entsprechend druckfeste Gehäuse und Gläser von hoher Qualität, was auch die unterschiedlich hohen Anschaffungspreise erklärt.

Werden die Schaugläser, oder Vaposkope, unmittelbar vor dem Kondensatableiter installiert, ist die optimale Überwachung des Kondensatableiters gegeben. Es wird dann nicht nur bereits geringfügiger Frischdampfdurchschlag angezeigt, sondern auch der kleinste Kondensatstau. Für den Heizprozess ist allerdings ein Stau nur vor dem Kondensatableiter ohne Bedeutung. Zur Kontrolle, ob die Heizfläche kondensatfrei ist, empfiehlt sich bei diffizilen Heizprozessen ein zweites Vaposkop unmittelbar am Kondensataustritt des Wärmetauschers.

3.3 Kontrolle von Kondensatableitern mittels Temperaturmessung

3.3.1 Erfühlen der Temperatur von Kondensatableitern durch Handauflegen

Ist ein Kondensatableiter konstant blockiert kann ein Prüfer mit einiger Erfahrung den blockierten Kondensatableiter anhand seiner niedrigen Temperatur erfühlen. Vorsicht, es besteht Verbrennungsgefahr bei dieser Methode. Ein Dampfdurchschlag kann mit dieser Methode nicht erfasst werden.

3.3.2 Temperaturmessung

Eine Temperaturmessung an der Oberfläche von Kondensatableitern mittels Kontaktthermometer oder Infrarottemperaturmessgerät ergibt eine niedrigere Temperatur als sie wirklich in der Armatur vorliegt. Die Wanddicke, unterschiedliche Beschichtungen, eventuell vorhandene Korrosion und die Außentemperatur beeinflussen die Messung. Aufgrund der sehr starken Abkühlung eines blockierten Kondensatableiters, kann dieser mittels Temperaturmessung analog zu 3.3.1 sehr gut erkannt werden.

Einen undichten thermischen Kondensatableiter mit Frischdampfverlust kann man mit dieser Methode nur erkennen, wenn sichergestellt ist, dass der unter 2 dargestellte Fall A (Heißdampf) vorliegt. Vor allem hinter Wärmetauschern und Begleitheizungen, aber auch in normalen Dampfleitungen liegt meist ein Anteil von Kondensat vor. Wegen der überwiegend unbekanntem Drücke am Austritt des Kondensatableiters bietet die Temperaturmessung hier nur eine subjektive Aussage und ist in den meisten Fällen ungeeignet.

3.3.3 Thermographie

Die Thermographie ist ein berührungsloses Messverfahren und ermöglicht die visuelle Darstellung der Temperaturen an einem Kondensatableiter und den angeschlossenen Rohrleitungen. Die Genauigkeit der in Falschfarben dargestellten Temperaturen hängt unter anderem ab von der Anpassung des Messgerätes auf die Messumgebung und die Beschaffenheit der gemessenen Oberflächen. Die für die Messgeräte angegebenen hohen Genauigkeiten werden in der Praxis dadurch oft nicht erreicht. Für die Aussagekraft der gewonnenen Messergebnisse gelten die Ausführungen wie unter 3.3.2.

Ein in der Praxis auftretender Sonderfall kann bei Begleitheizungen gut beobachtet werden. Wird eine Begleitheizung von Rohrleitungen, zum Beispiel in chemischen Anlagen, mit Niederdruckdampf (< 5 bar Übrück) betrieben, so werden selten alle an einem Kondensatableiter angeschlossenen Kondensatableiter gleichzeitig Kondensat ableiten. Eine Temperaturmessung kann am Austritt eines geschlossenen Kondensatableiters höhere Temperaturen als am Eintritt ergeben. Ursache ist das frisch abgeleitete Kondensat aus einem nahe gelegenen Kondensatableiter, welches das gemeinsame Sammelrohr aufgeheizt hat.

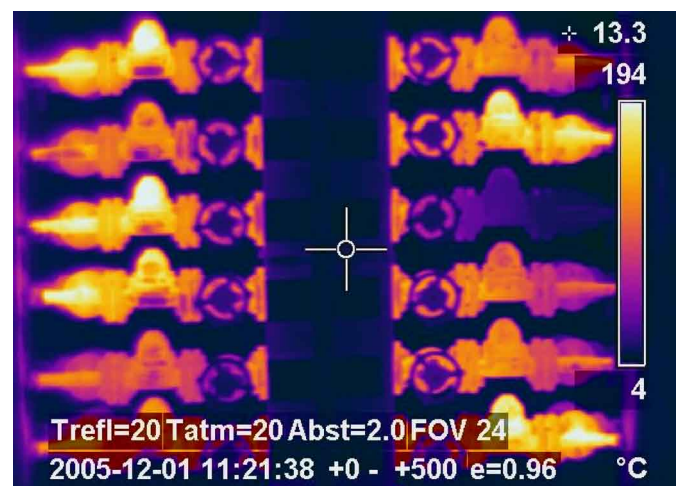
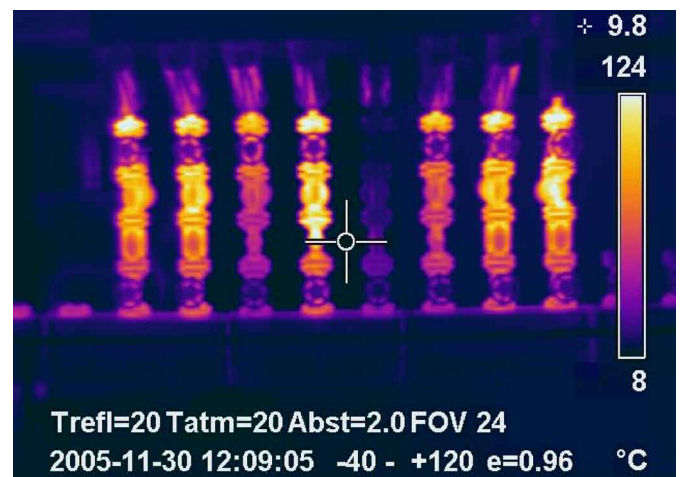


Abb. 4 + 5: Thermographische Bilder von Kondensatsammlern

3.4 Mobile Geräte für die Kontrolle von Kondensatableitern

3.4.1 Kontrolle mittels Geräuschvergleich

Eine häufig angewandte Methode, die Funktion von Kondensatableitern mittels Stethoskop zu überprüfen, ist nur bei intermittierend arbeitenden Kondensatableitern praktikabel. Die einzelnen Arbeitshübe sind deutlich zu unterscheiden. Aus der Hubfrequenz lassen sich Rückschlüsse auf die Arbeitsweise ziehen, nicht allerdings, ob auch Frischdampf entweicht.

3.4.2 Kondensatableiterkontrolle durch Messen des vom Kondensatableiter erzeugten Körperschalls

Von größerer Bedeutung ist die Kondensatableiterkontrolle durch Messen des durch Strömungsvorgänge im Kondensatableiter erzeugten Körperschalls. Grundlage dieser Methode ist die Erfahrung, dass der durch ein Drosselorgan strömende Dampf eine größere Schallintensität als strömendes Wasser (Kondensat) entwickelt. Bewährt hat sich die Überwachung des Ultraschallsignals im Bereich von 40 – 60 kHz. Ein Schallaufnehmer wandelt die mechanischen Ultraschwingungen in elektrische Signale um, die im Datensammler verstärkt und angezeigt werden.

Für die Beurteilung der Messergebnisse ist zu beachten, dass die Schallintensität nur teilweise von der Größe der strömenden Dampf-

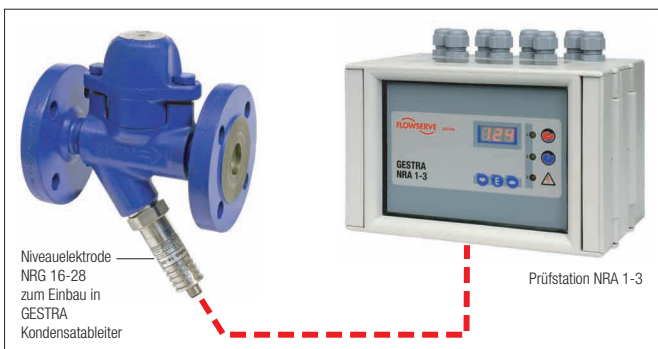
menge abhängt. Sie wird außerdem beeinflusst von der Kondensatmenge, dem Druckgefälle und der Art der Schallquelle, also von dem jeweiligen Typ des Kondensatableiters. Bei einiger Erfahrung sind brauchbare Kontrollergebnisse z. B. für Kondensatmengen bis 30 kg/h und Drücke bis 20 bar durchaus möglich, wobei Dampfverluste in der Größenordnung ab 1 - 4 kg/h erkennbar sind.

Es gibt automatisierte Ultraschallmessgeräte für die Kontrolle von Kondensatableitern. Diese Systeme sind individuell verwendbar für alle Bauarten und Fabrikate. Ein vorprogrammierter Datensammler wird eingesetzt, um in der Anlage die Messwerte aufzunehmen. Kondensatableiterspezifische Vorgaben der Software können je nach Ausführung bei der Messung berücksichtigt werden. Nach der Übermittlung und Speicherung der Daten im PC erfolgt die Auswertung. Optional ist bei manchen Systemen der Vergleich mit historischen Daten innerhalb der Software möglich. Manche Systeme bieten die Grundlage für ein Kondensatableitermanagementsystem.



3.5 Stationäre Systeme für die Überwachung von Kondensatableitern

Die kontinuierliche und verzögerungsfreie Überwachung von Kondensatableitern bietet im Gegensatz zu allen anderen Prüfmethoden die Möglichkeit, unbekannte Zustände im Dampf- und Kondensatsystem zeitnah zu erkennen, und daher böse Überraschungen während des Betriebs der Anlagen zu vermeiden.



GESTRA AG

Münchener Straße 77
D-28215 Bremen
Tel. +49 (0) 421-35 03-0
Telefax +49 (0) 421-35 03-393
E-Mail gestra.ag@flowserve.com
Internet www.gestra.de

Die Stationären Systeme können mit einer aktiven Rückmeldung an eine Leitwarte, oder an ein Signalsystem angebunden werden. Produktionsausfälle in kritischen Prozessen werden so mit optimaler Sicherheit verhindert. Je nach Auslegung können Überwachungssysteme mit Reaktionszeiten < 10 Sekunden aufgebaut werden. Oft werden Gruppen von z. B. 16 Kondensatableitern über eine Überwachungsstation zusammengefasst und mit einem Fehlerrelais an die nachgeschalteten Systeme angebunden. Neben der Bündelung von Überwachungselektroden bieten diese Systeme oft Möglichkeiten zur Vermeidung von Fehlalarmen, z. B. durch Erfassung der Anlagentemperatur und des Betriebszustands der Anlage.

Im Gegensatz zu diskreten Kondensatableiterkontrollen ermöglichen kontinuierlich arbeitende, stationäre Überwachungssysteme auch die Erkennung von temporär auftretenden Störungen der Kondensatableitung. Hauptanwendung dieser Systeme sind Prozesse, bei denen eine unerwünschte Veränderung des Heizprozesses zu Qualitätseinbußen, Ausschuss oder Schäden in der Anlage führen.

3.5.1 Kontaktmessung

Alternativ dazu gibt es Systeme, die mit extern an Rohre aufgesetzten Manschetten arbeiten. Diese Systeme arbeiten mit Ultraschall- und zum Teil mit Temperaturmessung.

Näheres zur Ultraschall- und Temperaturmessung beschreiben die Abschnitte 3.4.2 und 3.3.2.

3.5.2 Messung im Fluid

Für diese Systeme ist es notwendig, Elektroden in die Rohrleitung, in Prüfkammern, oder in die zu überwachenden Kondensatableiter selbst einzubauen. Diese Elektroden arbeiten wahlweise mit konduktiven Elektroden, Temperatursensoren, oder Leitfähigkeitssensoren.

Die Messung der Konduktivität und der Temperatur im Kondensat, bzw. im Dampf bieten eindeutige Ergebnisse, unabhängig von z. B. Pumpen, Turbinen und anderen schallerzeugenden Aggregaten. Auch andere nahebei gelegene Schallquellen wie z. B. defekte Kondensatableiter mit Dampfverlust, Bypassventile und Drosselarmaturen beeinflussen nicht die Messung der Konduktivität und der Temperatur.

Es gibt Systeme, die eine leichte und individuelle Einstellung der Grenzwerte für die Definition und Anzeige eines Kondensatstaus durch den Kunden bieten. Diese Optionen ermöglichen die Optimierung der Kondensatableiterüberwachung in Hinblick auf schnellere Ansprechzeit und die Anpassung an variable Betriebsbedingungen für einzelne Kondensatableiter.

Nützliche Extras wie Speicher für Alarmhistorie und die Anzeige von fälligen Systemwartungsterminen erleichtern den Betrieb der Überwachungssysteme und die Akzeptanz durch das Bedienungspersonal.

4 Fazit und Auswahl der geeigneten Überwachungsmethode

Eine für alle Zwecke und Anwendungen gleichgut geeignete Überwachungsmethode für Kondensatableiter gibt es nicht.

Wichtig ist, die Grundlagen für die Auswahl der geeigneten Methode zu kennen. Unter anderem sind folgende Fragen zu beantworten:

- Wie groß ist die Prozessrelevanz eines defekten Kondensatableiters?
- Ist die Zielsetzung für die Überprüfung die Reduzierung von Energiekosten, oder die Sicherung der Produktqualität, bzw. der Prozesssicherheit?

In der Praxis haben die Ultraschallmessung und die kontinuierliche Überwachung mittels Vaposkopien oder Elektroden die größte Bedeutung erreicht.