

# RISK ENGINEERING GUIDELINE

BRANDSCHUTZ AN TURBINENÖLSYSTEMEN IN  
INDUSTRIE-KRAFTWERKEN

HDI Risk Consulting

Feuer

[www.hdi.global](http://www.hdi.global)

**HDI**

## Allgemeines.

Brände in Industrie-Kraftwerken führen häufig zu erheblichen Sachschäden. Gravierende Auswirkungen auf die angeschlossenen Infrastrukturen in Produktionsbetrieben sind oft die Folge. Kritisch sind die ölführenden Systeme an den Turbosätzen. Denn dort können Leckagen zu einem unkontrollierten Austreten des Öls führen, welches sich an heißen Oberflächen schnell entzünden kann. Mit vertretbarem Aufwand können Unternehmen diese Brandrisiken deutlich abbildern.

Die Zielgruppe dieser Risk Engineering Guideline sind in erster Linie Industrie-Kraftwerke bis 50 MW Leistung. Die nachfolgend beschriebenen Brandschutzmaßnahmen sollen einen wesentlichen Beitrag leisten, den Betrieb von Dampfturbinen noch sicherer zu gestalten. Das hier beschriebene Schutzkonzept ist vom Grundsatz auch auf Großkraftwerke übertragbar. Bei Großkraftwerken ist darüber hinaus u. a. die Richtlinie VGB R 108 „Brandschutz im Kraftwerk“ zu berücksichtigen.

## 1 Risikosituation und Schadenbeispiele.

Brände an Dampfturbinen sowie deren ölführenden Systemen haben sich in der Vergangenheit immer wieder ereignet. Das Schadensmaß überschritt – ohne stationäre Löschanlage – vielfach zweistellige Millionenbeträge. Neben den reinen Sachschäden treten in der Regel erhebliche Betriebsunterbrechungsschäden auf. Dies ist beispielsweise dann der Fall, wenn Industrie-Kraftwerke fest in die Infrastruktur von Produktionsbetrieben eingebunden sind. Der Grund: Durch den Generatorausfall wird die Stromerzeugung unterbrochen. Gleichzeitig muss dann die z. B. für

Trocknungs- oder Kochprozesse benötigte Wärmeleistung gedrosselt werden. Beides hat zur Folge, dass nicht nur die Erlöse durch die Stromeinspeisung verloren gehen. Auch Produktionsprozesse können erheblich gestört werden, in Abhängigkeit von den Wiederbeschaffungs- bzw. Sanierungszeiten nach einem Brandschaden gar länger unterbrochen sein. Entsprechend massiv, wenn nicht sogar existenzgefährdend können die Auswirkungen für das gesamte Unternehmen sein.

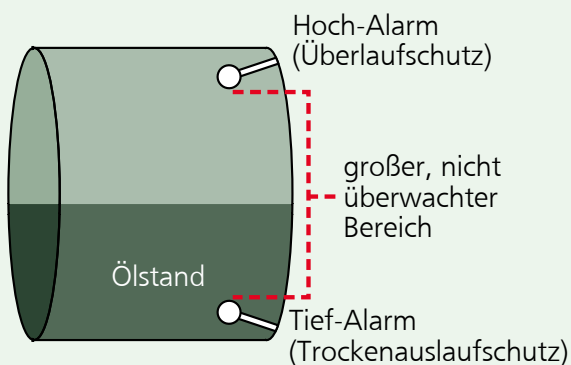
Ein Fallbeispiel: In einer Nacht des Sommers 2012 rückte die Feuerwehr zu einem Brand eines Heizkraftwerkes aus. Am Lager einer Dampfturbine trat Schmieröl aus. Ein Teil dieses Öls entzündete sich an den heißen Oberflächen der Anlage. Durch einen Rauch-/Wärmemelder wurde eine stationäre Löschanlage ausgelöst und dämmte den Brand weitgehend ein. Ein Trupp der Feuerwehr setzte zusätzlich ein C-Strahlrohr mit Schaum ein. So konnte das austretende Öl gefahrlos in das dafür vorgesehene Auffangbecken laufen. Niemand wurde verletzt, eine Umweltgefährdung wurde vermieden sowie ein länger andauernder Ausfall des Turbogenerators verhindert. Durch die Installation einer Sprühwasserlöschanlage, in diesem Fall eine Niederdruck-Feinsprühlöschanlage, konnte der Brand erfolgreich bekämpft werden.

## 2 Ursachen.

Die Ursachen solcher schwerwiegenden Industriekraftwerksbrände sind oft Leckagen der Turbinenölsysteme. Konkret tritt dabei Öl häufig als Sprühnebel aus und entzündet sich an heißen Oberflächen. Derartige Leckagen lassen sich zwar durch sensible Überwachungssysteme schnell erkennen, gleichwohl können nicht alle Ölkreisläufe sofort bzw. gänzlich abgeschaltet werden. Die Folge: Das Öl kann weiter austreten und sich entzünden. Ohne risikogerechte Brand-

### Intelligente Systeme zur Überwachung von Leckagen

#### Herkömmliche Niveauregulierung



#### Moderne intelligente Systeme

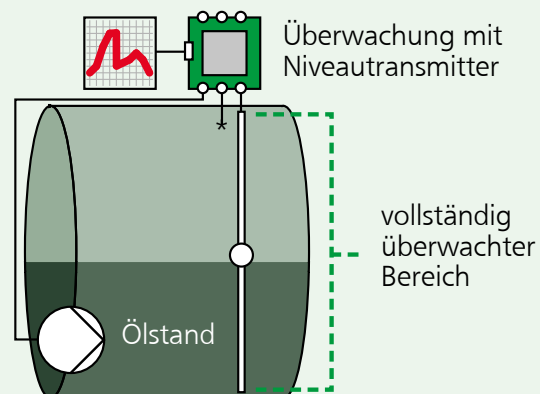


Abb. 1: Vergleich zwischen herkömmlichen Niveauregulierungen (links) und modernen intelligenten Systemen (rechts)



Abb. 2: Spritzschutzmanschetten an Ölleitungen

schutzmaßnahmen drohen Sach-, Betriebsunterbrechungs- und Personenschäden.

Ölleckagen sind vor allem an Rohrleitungen der Lager- und Steuerölsysteme sowie an Wellendichtungen festzustellen. Dies hat folgende Ursachen:

- Fehler bei der Montage, bei der Reparatur oder Revision sowie Bedienungsfehler im Betrieb.
- Gewaltbruch von Ölleitungen als Folge mechanischer Schäden am Turbosatz durch eine unzulässige Überdrehzahl, Vibrationen, plötzliches Versagen der Turbinenwelle oder des Generatorläufers.

Beim Kontakt des austretenden Öls entzündet sich dieses an heißen Oberflächen, wie z. B. dem Turbinengehäuse, Dampfleitungen, Ventilen, heißen Lagern oder elektrischen Aggregaten. Dadurch können u. a. entstehen:

- Sprühfeuer an der Leckagestelle.
- Oberflächenbrände an Isolierungen, z. B. durch Einsatz von Weichmantelisolierungen.
- Lachenbrände im Bodenbereich.

### 3 Schutzmaßnahmen.

Zur Verringerung des Brandrisikos sind ergänzende Brandschutzmaßnahmen erforderlich, deren Umsetzung vielfach mit vertretbaren Mitteln möglich ist:

1. Erkennung von Leckagen durch intelligente Leckageüberwachungssysteme.
2. Kontrolliertes Herunterfahren des Turbogenerators durch Betätigen des sogenannten Brandschutzschalters.
3. Durch konstruktive Präventivmaßnahmen die Wahrscheinlichkeit reduzieren, dass sich austretendes Öl entzündet.
4. Stationäre Brandbekämpfung durch z. B. Sprühwasserlöschanlagen.
5. Organisatorische Maßnahmen wie z. B. Durchführung von Notfallübungen, Einhaltung von Sicherheitsmaßnahmen bei Wartungs- und Reparaturarbeiten.

#### 3.1 Leckagen rechtzeitig durch intelligente Überwachungssysteme erkennen

Die Ölsysteme sind mit einer elektrischen, intelligenten Leckageüberwachung auszustatten. Die Alarmschwelle bzw. die Empfindlichkeit ist auf Basis des Regelbetriebes so einzustellen, dass bereits die Leckage von geringen Mengen Öl detektiert wird. Siehe Abb. 1 auf Seite 2: Vergleich zwischen herkömmlichen Niveauregulierungen (links) und modernen intelligenten Systemen (rechts).

Darüber hinaus kann es ebenfalls sinnvoll sein, punktuell an Lagern oder Ventilen lokal Auffangwannen zu installieren, die mit Leckagemeldern ausgerüstet sind.

#### 3.2 Durch Betätigen des Brandschutzschalters den Turbogenerator kontrolliert herunterfahren

Sobald die vorgenannten Überwachungssysteme ein kritisches Absinken des Ölstandes bzw. eine Leckage erkennen, muss eine akustische und optische Alarmmeldung im Maschinenhaus erfolgen. Ebenso muss eine ständig besetzte Stelle – hier z. B. der rund um die Uhr besetzte Kraftwerksleitstand – eine Alarmmeldung erhalten.

Als nächstes ist vom Bedienpersonal der sogenannte Brandschutzschalter zu betätigen. Dies ermöglicht ein kontrolliertes Herunterfahren des Turbogenerators. Brandschutzschalter müssen am Turbosatz, in der ständig besetzten Leitwarte und an einem geeigneten Fluchtweg angeordnet sein. Hierdurch werden in der Regel u. a. folgende Maßnahmen automatisiert eingeleitet:

- Auslösen des Turbinenschnellschlusses.
- Abschalten der Steuerölpumpen bzw. Schließen des Brandschutzschiebers.
- Reduzierung der Lagerschmierung auf Notbetrieb.

**Wichtig:** Das Herunterfahren und Abkühlen der Turbine nimmt eine gewisse Zeit in Anspruch. In dieser Zeit müssen einige Ölkreisläufe, wie z. B. die der Lagernotölversorgung, in Betrieb bleiben um die Lager bzw. den Turbinenstrang nicht zu schädigen.

#### 3.3 Konstruktive Präventivmaßnahmen zur Verringerung des Brandrisikos durch austretendes Öl

Um die Wahrscheinlichkeit zu reduzieren, dass sich austretendes Öl an heißen Oberflächen entzündet, können unterschiedliche, teilweise einfache Sicherheitsmaßnahmen auch nachträglich in bestehenden Industrie-Kraftwerken umgesetzt werden:

- Dampfleitungen sind möglichst lückenlos zu isolieren.
- Anordnung eines Spritzschutzes zwischen den Reglergestellen, Pumpen und heißen Turbinenteilen.
- Sicherung von Flanschen/Rohrverbindungen an (frei verlegten) Ölleitungen, siehe Abb. 2.
- Abdichtung möglichst aller Öffnungen, die vom Turbinentisch nach unten in den Turbinenkeller führen. Dadurch soll verhindert werden, dass oberhalb des Turbinentisches brennendes Öl nach unten in den Turbinenkeller tropft/fließt.
- Es müssen Aufkantungen/Auffangwannen im Turbinenkeller geschaffen werden, um eine großflächige Brandausbreitung, ggf. mit Unterfeuerung benachbarter Turbinen und Anlagen, zu verhindern.



Abb. 3: Niederdruck-Feinsprühdüse mit Schutzkappe

Bei der Dimensionierung der Aufkantung/Auffangwanne ist darauf zu achten, dass diese das gesamte Ölvolumen eines Turbinenölsystems fassen kann. Die Auffangwanne bzw. Aufkantung kann kleiner/niedriger ausfallen, wenn die Turbinenöl- und Löschwassermengen aus der Auffangwanne in einen separaten Ölsammelbehälter in einen sicheren Bereich abgeleitet werden.

Bei der Planung von neuen Industrie-Kraftwerken ist zusätzlich auf Folgendes zu achten:

- Ölleitungen sind weitestgehend durchgeschweißt mit möglichst wenig Flanschen zu installieren.
- Öl- und Dampfleitungen sind möglichst getrennt voneinander zu verlegen.
- Ölleitungen sind unterhalb von Dampfleitungen zu positionieren.
- Ölleitungen sollten in kontrollierbaren Ölleitungskanälen aus Stahlblech oder Stahlbeton verlegt werden, inkl. eines Ablaufs zu einem Ölsammelbehälter mit Leckageüberwachung. Rohr-in-Rohr-Verlegungen können eine Alternative darstellen.
- Der Turbinenölbehälter, einschließlich Filter, Kühler und Pumpen, sollte in einem eigenen Brandbekämpfungsabschnitt mit raumabschließenden Bauteilen in EI 90 aufgestellt werden. Eine maschinelle Entrauchung ins Freie ist sicherzustellen.

### 3.4 Stationäre Brandbekämpfung durch z. B. Sprühwasserlöschanlagen

Ereignet sich dennoch ein Brand am Turbogenerator, sind stationäre Löschanlagen in der Lage, Menschen und Maschinen risikogerecht zu schützen. Bewährt haben sich dabei an Dampfturbinen Sprinkleranlagen, (u. a. vorgesteuerte) Sprühwasserlöschanlagen bzw. insbesondere Niederdruck-Feinsprühlöschanlagen bis 16 bar bei eingehausten Turbinen (z. B. Schallschutzkabinen oder Motorräume). Darüber hinaus existieren auch VdS-erkannte Hochdruck-Feinsprühlöschanlagen mit Systemdrücken von in der Regel 40 bis 120 bar. Es sind die jeweiligen Zulassungen und Einsatzbeschränkungen zu beachten wie Einhausung und maximal



Abb. 4: Niederdruck-Feinsprühdüse/Sprühbild

schützbare Volumen. Gaslöschanlagen können in Sonderfällen ebenfalls geeignete stationäre Löschanlagen an Gasturbinen darstellen.

Zur Vereinfachung wird nachfolgend näher auf Sprühwasser- bzw. Niederdruck-Feinsprühlöschanlagen beim Einsatz an Dampfturbinen eingegangen.

Niederdruck-Feinsprühlöschanlagen arbeiten im Vergleich zu klassischen Sprühwasserlöschanlagen zwar mit leicht erhöhten Wasserdrücken zwischen 4 und 16 bar an der Sprühdüse, dafür sind die erforderlichen Wasserbeaufschlagungen bzw. Löschwassermengen in der Regel geringer.

Diese Sprühwasserdüsen werden über ein Rohrleitungsnetz miteinander verbunden, rund um die zu schützenden Ölsysteme angeordnet und an eine Wasserversorgung angeschlossen. Es handelt sich dabei um offene Löschdüsen, aus denen das Löschwasser im Brandfall über die gesamte Fläche des zu schützenden Bereiches versprüht wird. Die in der Abbildung 3 dargestellte Schutzkappe schützt die Düse im Normalbetrieb vor Verschmutzung und Eintrag von Partikeln in die Rohrleitung, fliegt aber bei der Flutung des Rohrnetzes ab und gibt somit das Löschwasser frei.

In den Schutz der Sprühwasserlöschanlage sind rund um den Dampfturbosatz folgende Bereiche einzubeziehen:

- Ölraum/Ölbehälter;
- Ölpumpenbereiche;
- Ölrohrkanäle;
- Lagerbereiche;
- Ventile des Dampfturbosatzes (insbesondere die heißen Hochdruck Steuerventile).

Falls der Ölbehälter statt im Turbinenkeller (siehe Abb. 5) direkt auf dem Turbinentisch in den Turbosatz integriert ist, ist dieser ebenfalls in den Löschanlagenschutz zu implementieren.

Die automatische Branddetektion erfolgt durch Flammen-Melder (UV-Detektion) und/oder Mehrkriterienmelder (Wärme- & Rauch-Detektion). Durch Realisierung einer Zweimelder/Zweigruppenabhängigkeit wird die Gefahr von Fehl-

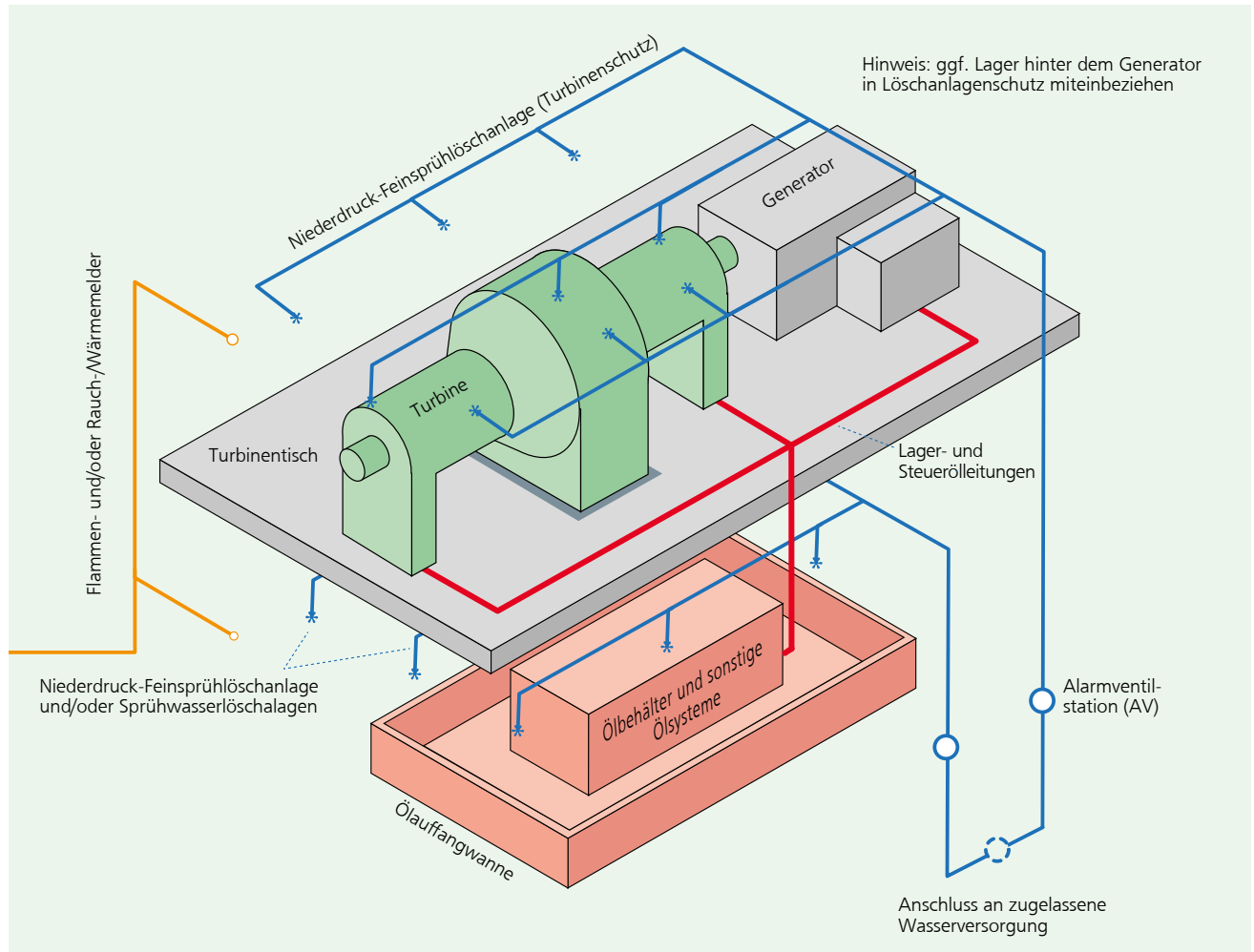


Abb. 5: Übersicht eines beispielhaften Löschanlagenschutzes rund um die Turbinenölssysteme (Prinzipiskizze)

auslösungen minimiert. Denn die Löschanlage wird erst dann automatisch ausgelöst, wenn zwei Melder einen Brand erkennen.

Damit Rauch-/Wärmemelder möglichst schnell Wärme- und/oder Rauch detektieren, sind diese mit Wärmestaublechen zu versehen, siehe Abb. 7.

Neben dem automatischen Auslösen müssen Sprühwasserlöschanlagen zusätzlich manuell und schnell von sicherer Stelle aus aktiviert werden können. In der Regel werden Handauslösungen in der Warte, an Notausgängen und möglichst nah an den zu schützenden Maschinen installiert. Bei Betätigung der Löschanlage werden sogenannte Alarmventilstationen angesteuert, die den Wasserfluss freigeben, siehe Abb. 5 und 9, (Pos. 7).

Die Wasserversorgung erfolgt dann in der Regel über eine Löschanlagenpumpe (Pos. 8), die das Wasser aus einem Löschwasserzwischenbehälter (Pos. 2) bezieht, der vom Stadt- bzw. Betriebswassernetz automatisch nachgespeist werden kann (Pos. 4).

Es kann eine Elektropumpe für die Löschwasserversorgung eingesetzt werden, wenn auch bei einem Brand rund um die Turbinenölssysteme die Energieversorgung der Elektropumpe

sichergestellt ist. Dies kann über ein Notstromaggregat realisiert werden. Ansonsten ist statt einer Elektropumpe eine Dieselpumpe zu installieren.

In besonderen Fällen kann das Löschwasser auch direkt aus den Wasserleitungsnetzen entnommen werden. Dann kann die Installation einer Pumpenanlage und eines Zwischenbehälters entfallen. Dafür muss das Stadt- oder Betriebswassernetz einen ausreichenden Fließdruck sowie ausreichende Durchflussmengen sicherstellen können.

Bei ausreichend vorhandenem Betriebswasser ist der sogenannte Direktanschluss verhältnismäßig einfach über eine Alarmventilstation zu realisieren. Bei der Wasserversorgung direkt aus dem öffentlichen Trinkwassernetz ist eine sogenannte Direktanschlussstation zu installieren, die zusätzlich zur VdS-Zulassung auch die Anforderungen der Trinkwasserverordnung des jeweiligen Landes erfüllen muss.

Wichtig: Vor der Realisierung eines Direktanschlusses an das öffentliche Trinkwasserversorgungsnetz muss eine Abstimmung mit dem zuständigen Wasserversorgungsunternehmen erfolgen.

Sollten z. B. beim Direktanschluss an das Betriebswassernetz die Druckverhältnisse nicht ausreichend sein, um z. B. 4 bar



Abb. 6: Flammmelder

an einer Niederdruck-Feinsprühdüse zu erzielen, können ebenfalls mit vertretbarem Aufwand Druckerhöhungsstationen installiert werden.

Alternativ ist auch eine Wasserversorgung aus Druckluftwasserbehältern, Hochbehältern, bestehenden Sprinkleranlagen oder in Sonderfällen auch aus offenen Gewässern oder Grundwasserbrunnen möglich.

Die wesentlichen Auslegungskriterien zur Wasserversorgung sind nach VdS 2109 für Sprühwasserlöschanlagen an Turbinenölsystemen:

- Wasserbeaufschlagung: 10 mm/min
- Betriebszeit: min. 30 Minuten

Bei Einsatz von Niederdruck-Feinsprühdüsen sind die erforderlichen Wasserbeaufschlagungsmengen in der Regel deutlich geringer, was die Bereitstellung von ausreichend Löschwasser weiter vereinfachen kann.

Sprühwasserlöschanlagen und Niederdruck-Feinsprühlöschanlagen können auch an Turbinen realisiert werden, wo keine Einhausungen/Schallschutzkabinen vorhanden sind.

Beim Einsatz von Feinsprühdüsen an Turbinenölsystemen muss die VdS-anerkannte Errichterfirma ein vom VdS anerkanntes Produkthandbuch vorweisen.

Dieses Produkthandbuch ist zusammen mit der VdS 2109 Grundlage bei der Planung, Installation, Abnahme und bei den späteren Revisionen der Feinsprühlöschanlage.

### 3.5 Organisatorische Maßnahmen

Damit die vorgenannten Sicherheitssysteme und -einrichtungen jederzeit voll einsatzbereit sind, ist die Umsetzung folgender organisatorischer Maßnahmen erforderlich:

- Erarbeiten von Notfallprozeduren und Notfallanweisungen.
- Regelmäßige und umfangreiche Schulungen der Mitarbeiter.
- Regelmäßige Durchführung von Brandschutzübungen in Zusammenarbeit mit der Feuerwehr.



Abb. 7: Brandmelder mit Rauch- und Wärmestablen

- Regelmäßige Kontrolle und Wartung der Turbinenölsysteme.
- Monatliche Überprüfung der ordnungsgemäßen Position von Spritzschutzen wie z. B. Rohrmanschetten und Spritzschutzblechen. Zudem ist eine Überprüfung nach jeder Wartungs- und Reparaturarbeit an der Turbine erforderlich.
- Wartung und Revision der Brandmelde- und Löschanlagen gem. VdS-Vorgaben.
- Schriftliche Dokumentation der Wartungs- und Kontrollarbeiten in einem Betriebsbuch.
- Durchführung besonderer Sicherheitsmaßnahmen bei Wartungs- und Reparaturarbeiten, wie Anwenden des Schweißerlaubnis- und Freigabescheinverfahrens inkl. Stellen von Brandwachen.
- Benennen eines Brandschutzbeauftragten gem. VdS 3111



Abb. 8: (oben links) Düsenanordnung an einer Turbine

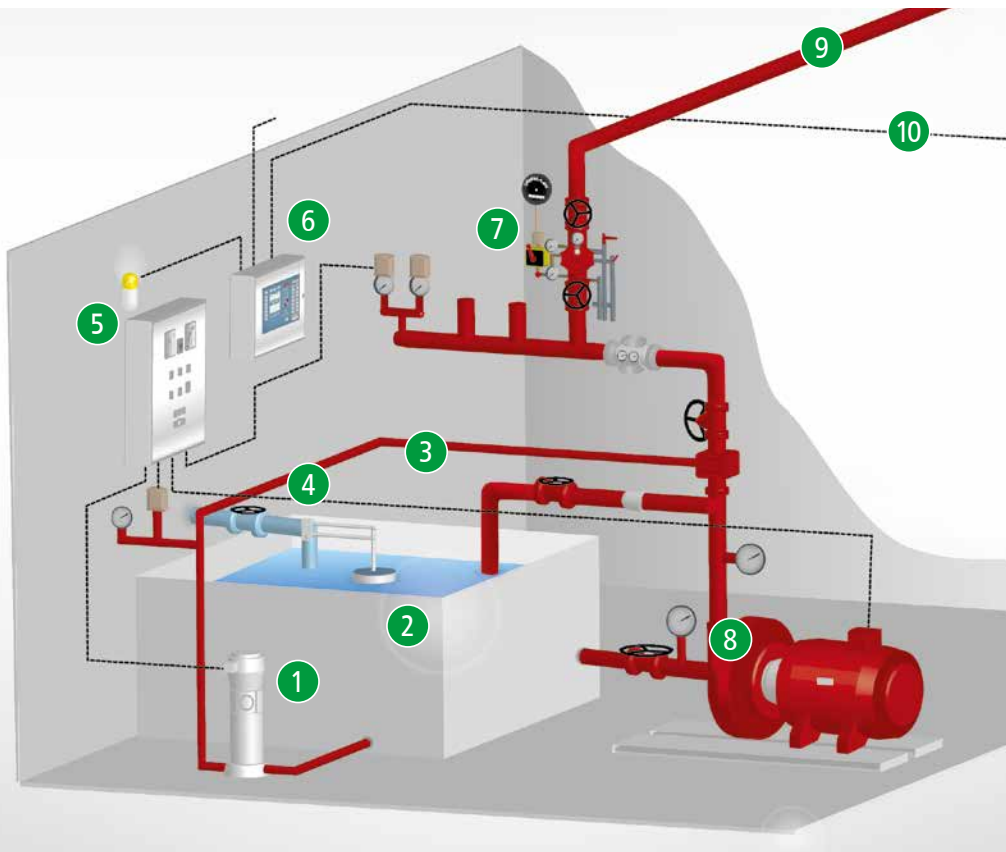


Abb. 9: Übersicht Löschanlagen Wasserversorgung (Beispiel)

1. Druckhaltepumpe
2. Zwischenbehälter
3. Automatische Speisevorrichtung
4. Stadtwasseranschluss
5. Pumpenschaltschrank
6. Brandmeldezentrale
7. Alarmventilstation
8. Löschanlagenpumpe
9. Wasserversorgungsleitungen zu den Löschbereichen der Turbinenölsysteme (siehe auch Abb. 5)
10. Meldeleitung von Flammen- und/oder Rauch/Wärmemeldern (siehe auch Abb. 5)

### 3.6 Sonstige Aufforderungen

Für die Löschanlagen müssen Installation, Funktionsprüfung und Sachverständigenabnahmen sowie die späteren Wartungen und Revisionen gemäß den geltenden Richtlinien der VdS Schadenverhütung GmbH und sonstigen Regelwerken durchgeführt werden.

Die hydraulischen Berechnungen sollten vor der Installation mit den VdS-Sachverständigen abgestimmt werden, die auch die Erstabnahmen sowie die regelmäßigen Revisionen durchführen.

Bei der Festlegung der maximal zur Verfügung stehenden Löschwassermengen sind Gleichzeitigkeitsbetrachtungen zu berücksichtigen. Gemeint sind damit Szenarien, bei denen mehrere Löschanlagen bzw. Löschanlagenbereiche gleichzeitig ausgelöst werden müssen. Auch eine gleichzeitige Löschwasserentnahme durch die Feuerwehreinsetzungskräfte oder andere Verbraucher muss unter Umständen berücksichtigt werden.

Schließlich weist HDI Risk Consulting ausdrücklich darauf hin, dass über den Löschanlagenschutz von Turbinenölsystemen hinaus weitere Brandschutzmaßnahmen in Industrie-Kraftwerken erforderlich sein können. Beispiele hierfür sind erweiterte bauliche Brandschutzmaßnahmen, wie z. B.:

- Bildung von Brand- und Rauchabschnitten.
- Feuerwiderstandsfähiger Schutz von Anlagenteilen/ Betriebsbereichen.

- Installation von Rauchabzugsanlagen.
- Sicherheitsrelevante Verkabelungen als P-90-Verkabelungen.

Erweiterte anlagentechnische Brandschutzmaßnahmen, wie z. B.:

- Rückbrandsicherungen in der Brennstoffzuführung der Kessel, z. B. bei Biomasseheizkraftwerken.
- Brandmeldeüberwachung der elektrischen und technischen Betriebsräume.
- Löschanlagenschutz von Kabelkanälen.

## 4 Referenzen.

Lokale Standards sollten eingehalten werden.

**VdS 2109** Sprühwasserlöschanlagen, Planung und Einbau

**VdS 2095** Automatische Brandmeldeanlagen, Planung und Einbau

**VdS 3111** Brandschutzbeauftragter – Unverbindlicher Leitfaden für Aufgaben, Bestellung, Qualifikation und Stellung im Betrieb

**VGB R108** Richtlinie zum Brandschutz im Kraftwerk

**VGB R 503** Richtlinie für interne Rohrleitungen des Turbosatzes

**HDI Risk Consulting Checklisten zum organisatorischen Brand- und Explosionsschutz**

## Über HDI Risk Consulting.

HDI Risk Consulting GmbH unterstützt Mittelständler, Industrieunternehmen und Konzerne bei der Schadenverhütung und beim Aufbau eines betrieblichen Risikomanagements.

Dazu bietet HDI Risk Consulting den Kunden Zugriff auf ca. 180 Ingenieure und Spezialisten aus den unterschiedlichsten Fachrichtungen. Ziel ist es, Unternehmen dabei zu unterstützen, Risiken zu beherrschen und somit ein individuelles, risikogerechtes Versicherungs-Deckungskonzept zu erstellen.

HDI Risk Consulting ist weltweit aktiv in den Bereichen Feuer, Kraftfahrt, Technische Versicherung und Transport. Die Tätigkeitsschwerpunkte liegen in der Erkennung und Beurteilung von Risiken sowie der Entwicklung geeigneter individueller Schutzkonzepte.

Die HDI Risk Consulting GmbH ist eine hundertprozentige Tochtergesellschaft der HDI Global SE.

**HDI Risk Consulting GmbH**  
HDI-Platz 1 – D-30659 Hannover  
**Telefon:** 49-511-645-3219  
**Fax:** 49-511-645-4542  
**Internet:** [www.hdi.global](http://www.hdi.global)

**Impressum:**  
Verantwortlich für den Inhalt:  
HDI Risk Consulting GmbH

**Layout:** Insignio Kommunikation GmbH  
**Fotos:** HDI Risk Consulting GmbH,  
istockphoto.com: (by\_ alactr,  
by\_ bodo23, by\_ SB-8NIHAT,  
by\_ gordondix, by\_ JimmiLarsen),  
reinobjektiv.

