



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Gas- und Dampfturbinenanlage, bei dem das aus einer Gasturbine austretende Rauchgas über einen Abhitzedampferzeuger geführt wird und bei dem ein zum Antrieb einer Dampfturbine verwendetes Strömungsmittel in einem eine Anzahl von Druckstufen umfassenden Strömungsmittelkreislauf geführt wird, wobei mindestens eine der Druckstufen einen Verdampferumlauf mit einer Dampftrommel, mit einer Anzahl von an die Dampftrommel angeschlossenen Fallrohren und mit einer Anzahl von den Fallrohren nachgeschalteten, ebenfalls an die Dampftrommel angeschlossenen und durch das Rauchgas im Abhitzedampferzeuger beheizten Steigrohren aufweist. Die Erfindung betrifft ferner eine für ein derartiges Betriebsverfahren ausgelegte Gas- und Dampfturbinenanlage.

**[0002]** Bei einer Gas- und Dampfturbinenanlage wird die im entspannten Arbeitsmittel oder Rauchgas aus der Gasturbine enthaltene Wärme zur Verdampfung eines Strömungsmittels, üblicherweise Wasser, genutzt. Der so erzeugte (Wasser-)Dampf wird dann zum Antrieb einer Dampfturbine verwendet. Die Wärmeübertragung erfolgt dabei in einem der Gasturbine rauchgasseitig nachgeschalteten Abhitzedampfkessel oder Abhitzedampferzeuger, in dem Heizflächen in Form von Rohren oder Rohrbündeln angeordnet sind, in denen das zu verdampfende Strömungsmittel geführt ist. Diese Heizflächen sind üblicherweise Bestandteil eines auch die Dampfturbine und einen ihr strömungsmittelseitig nachgeschalteten Kondensator umfassenden Strömungsmittelkreislaufs, z. B. eines Wasser-Dampf-Kreislaufs, wobei das aus der Dampfturbine austretende entspannte Strömungsmittel nach seiner Kondensation im Kondensator erneut den Heizflächen des Abhitzedampferzeugers zugeleitet wird. Neben den Verdampferheizflächen können im Abhitzedampferzeuger auch noch weitere Heizflächen, insbesondere zur Vorwärmung des Kondensats oder Speisewassers oder zur Überhitzung des erzeugten Dampfes, vorgesehen sein. Des Weiteren kann in den Abhitzedampferzeuger auch eine Zusatzfeuerung, z. B. eine Ölfeuerung, integriert sein, um entweder die Temperatur des Rauchgases über das bei seinem Austritt aus der Gasturbine vorhandene Niveau zu heben, oder um bei abgekoppelter oder stillgelegter Gasturbine dennoch die Dampfproduktion im Abhitzedampfkessel aufrechterhalten zu können (so genannter Ölbetrieb).

**[0003]** Üblicherweise umfasst der Strömungsmittelkreislauf mehrere, beispielsweise drei, Druckstufen mit jeweils einem eigenen Verdampferabschnitt. Ein wegen seines vergleichsweise einfach gehaltenen Aufbaus und seiner relativ einfachen Bedienbarkeit bewährtes Konstruktions- und Auslegungskonzept für einen derartigen Verdampferabschnitt beruht - zumindest im Bereich unterkritischer Dampfdrücke - auf dem Naturumlauf-Prinzip. Dabei dient eine oberhalb des Rauchgas-Strömungskanals des Abhitzedampferzeugers angeordnete

Dampftrommel, die mitunter auch als "Obertrommel" bezeichnet wird, als Reservoir für das von der Kondensat- oder Speisewasserpumpe her zulaufende, gegebenenfalls durch einen Kondensatvorwärmer oder einen Economizer vorgewärmte Kondensat bzw. Speisewasser. Während des Betriebs sinkt, angetrieben durch sein Eigengewicht bzw. durch den hydrostatischen Druck der Wassersäule, ein Teil des Wasservorrats kontinuierlich durch an den Boden oder Sumpf der Dampftrommel angeschlossene, unbeheizte Fallrohre nach unten. Über einen zwischengeschalteten Verteilersammler, der gelegentlich auch als "Untertrommel" bezeichnet wird, wird das abgesunkene Wasser auf eine Anzahl von parallel geschalteten und zu Heizflächen gebündelten, durch die im Rauchgas enthaltene Wärme und/oder durch die von einem Zusatzbrenner des Abhitzedampfkessels erzeugte Strahlungswärme beheizten Steigrohren verteilt, in denen die gewünschte Verdampfung stattfindet. Die aus den Steigrohren gebildeten Heizflächen können dabei Teil der Umfassungswand des Abhitzedampfkessels oder in der Art von Schottheizflächen innerhalb des von der Umfassungswand umschlossenen Rauchgas-Strömungskanals angeordnet sein.

**[0004]** Aufgrund seiner gegenüber dem flüssigen Aggregatzustand verringerten Dichte steigt das in den Steigrohren durch (Teil-) Verdampfung des Wassers erzeugte Wasser-Dampf-Gemisch nach oben und tritt schließlich oberhalb des Flüssigkeitsspiegels wieder in die Dampftrommel ein, wodurch der Verdampferumlauf geschlossen ist. In der Dampftrommel findet die auch als Phasenseparation bezeichnete Wasser-Dampf-Trennung statt; der oberhalb des Wasserspiegels unter Satteldampfbedingungen vorliegende Wasserdampf wird über eine am Kopf der Dampftrommel angeschlossene Dampfentnahmeleitung entnommen und nach gegebenenfalls erfolgter Überhitzung seiner weiteren Verwendung, z. B. zum Antrieb einer Dampfturbine, zugeführt.

**[0005]** Auf dem Zwangsumlaufprinzip beruhende Verdampferstufen sind ähnlich aufgebaut, weisen allerdings noch eine in die Verdampferschleife geschaltete Umwälzpumpe auf, die die Umwälzung des Wasser bzw. des Wasser-Dampf-Gemischs unterstützt oder erzwingt.

**[0006]** Aufgrund der begrenzten thermischen Belastbarkeit der üblicherweise verwendeten Rohrwandwerkstoffe für die Heizrohre bzw. Steigrohre ist gemäß dem bisherigen Stand von Wissenschaft und Technik unbedingt sicherzustellen, dass beim Betrieb einer Gas- und Dampfturbinenanlage der oben genannten Art die Steigrohre der jeweiligen Verdampferstufe in allen Betriebszuständen ausreichend mit Strömungsmittel, in der Regel Wasser bzw. Wasser-Dampf-Gemisch, versorgt werden. Ziel ist dabei, eine bestimmte Mindestkühlung der Rohrwände infolge des Wärmeübergangs von der Rohinnenwandfläche auf das dabei zum Teil verdampfende Strömungsmittel sicherzustellen und somit etwaige Beschädigungen des Verdampferumlaufs und damit einhergehende betriebliche Gefahren zu vermeiden. Anders ausgedrückt: Ein so genannter Trockenbetrieb des

Verdampfers oder ein Betrieb mit abgesenktem Wasserstand, bei dem die Flüssigkeitssäule in der Dampftrommel und in den an sie angeschlossenen Fallrohren auf ein Niveau unterhalb des Anschlusses der Fallrohre absinkt oder gar die Fallrohre und die ihnen nachgeschalteten Steigrohre vollständig "trocken gefahren" werden, so dass praktisch gar kein Strömungsmittel mehr hindurchströmt, ist unter allen Umständen zu vermeiden.

**[0007]** Derartige Erwägungen liegen auch dem bislang angewandten, international gültigen Regelwerk DIN EN 12952 zugrunde, das gemäß Teil 1 für "Wasserrohrkessel mit einem Volumen von mehr als 2 Liter zur Erzeugung von Dampf und/oder Heißwasser mit einem zulässigen Druck von mehr als 0,5 bar und einer Temperatur von über 110 °C" gilt und das gemäß Teil 7 den zulässigen niedrigsten Wasserstand in der Dampftrommel auf "150 mm über der höchsten beheizten Stelle der Trommel und dem höchsten Anschluss der Fallrohre (Oberkante) an die Kesseltrommel" festlegt. In den im Jahr 2002 in Deutschland eingeführten, international gültigen Nachfolgenormen DIN IEC 61508 und DIN IEC 61511 sind derart detaillierte Vorgaben zwar nicht mehr ausdrücklich enthalten, jedoch sind die darin spezifizierten Sicherheitsanforderungen trotz flexiblerer Rahmenvorgaben im Allgemeinen keineswegs gesunken.

**[0008]** Um die Einhaltung der genannten Mindestfüllhöhen von flüssigem Strömungsmittel in der Dampftrommel auch z. B. bei schnellen Lastwechseln des Abhitzedampferzeugers oder etwa bei einer unvorhergesehenen Unterbrechung oder Störabschaltung der Speisewasserzufuhr sicher garantieren zu können und um insbesondere im letztgenannten Fall die im System vorhandene Restwärme auf sichere und materialschonende Weise abführen zu können, wird das Volumen der Dampftrommel und der im Normalbetrieb in ihr vorgehaltenen Menge an Strömungsmittel (Speisewasser) üblicherweise unter Berücksichtigung eines "Sicherheitsaufschlags" vergleichsweise groß dimensioniert. Dies ist jedoch mit einem entsprechend hohem Fertigungsaufwand und somit auch hohen Fertigungskosten verknüpft.

**[0009]** Entsprechend der besonderen Relevanz, die der Einhaltung des Mindestwasserstands in der Dampftrommel beigemessen wird, erfolgt bei bestehenden Anlagen weiterhin eine dreifach redundante Messung bzw. Überwachung der auf den Trommelboden oder auf die Oberkante der Fallrohre bezogenen aktuellen Füllstandshöhe, was eine relativ aufwendige Auslegung der zugehörigen sicherheitstechnischen Vorrichtungen bedingt. Sobald eine Zwei-von-drei-Auswahl aus den drei Niveaumessungen ein Abfallen des Wasserstandes unter einen vorbestimmten Grenzwert, z. B. 150 mm gemäß DIN EN 12952, signalisiert, wird über das sicherheitstechnische System eine weitere Zufuhr der heißen Gasturbinen-Abgase in den Abhitzedampferzeuger unterbunden, z. B. durch Schnellabschaltung der Gasturbine, oder indem durch Betätigen einer entsprechenden Klappe die Abgase in einen Bypass-Kamin, d. h. am Abhitzedampferzeuger vorbei, umgeleitet werden. Im Interes-

se einer möglichst hohen Anlagenverfügbarkeit ist eine derartige Schnellabschaltung jedoch ausgesprochen unerwünscht.

**[0010]** Darüber hinaus erfordert die derzeit vorgeschriebene Einhaltung des Wasserstandes der Mitteldruck-Trommel (MD-Trommel) und Niederdruck-Trommel (ND-Trommel) oberhalb des Mindestniveaus bei Ölbetrieb eine komplexe Eintrittstemperaturregelung für die Economizer des Hochdruck- und Mitteldruck-Systems und für den Kondensatvorwärmer. Änderungen stationärer Zustände durch unterschiedliche betriebliche Bedingungen bei Ölbetrieb haben innere Wärmeverschiebungen im Abhitzedampferzeuger zur Folge, die die Wärmeaufnahme des Mitteldruck- und Niederdruck-Verdampfers beeinflussen. Dies kann beispielsweise Schwankungen bei den Trommelwasserständen der MD- und ND-Trommel und einen ungewollt hohen Druckanstieg in der ND-Trommel bewirken. Um diese Schwankungen innerhalb der geforderten Betriebsgrenzen halten zu können, müssen die Wassermengen über die HD- und MD-Economizer-Bypassventile zusätzlich entsprechend überlagert geregelt werden, was einen erhöhten Regelungsaufwand bedingt.

**[0011]** Schließlich führt die derzeit geforderte Einhaltung des Mindestwasserstandes in der ND-Dampftrommel gerade bei der vom Grundkonzept her besonders interessanten, in der Patentschrift DE 100 04 178 C1 eingehend erläuterten Fahrweise "Sleeping Mode", bei der z. B. während eines Schnellschlusses der Dampfturbine der in der HD-Stufe erzeugte HD-Dampf über eine Bypassleitung direkt in den Kondensator umgeleitet wird (Umleitbetrieb), während durch eine gezielte Druckverlagerung und eine Verschiebung der Wärmeabgabe und -aufnahme im Abhitzedampferzeuger die Produktion von MD- und ND-Dampf zum Erliegen gebracht werden soll, zu Mehrkosten aufgrund einer vergleichsweise groß zu dimensionierenden ND-Dampftrommel. Der Abfall des Wasserstandes in der ND-Trommel bei einem Schnellschluss der Dampfturbine ist hier nämlich durch den gezielt herbeigeführten Druckanstieg im ND-System besonders drastisch. Entgegen der ursprünglichen Ausrichtung des Konzepts kann daher in der Praxis auf eine Niederdruckumleitstation, die den Abfall des Wasserstandes bei einem Schnellschluss der Dampfturbine entsprechend mindert, nicht vollständig verzichtet werden.

**[0012]** Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Betreiben einer Gas- und Dampfturbinenanlage der eingangs genannten Art anzugeben, das bei hoher Zuverlässigkeit und hoher betrieblicher Sicherheit besonders flexibel an verschiedenartige Betriebszustände der Anlage anpassbar ist, und das eine besonders kostengünstige Auslegung der Komponenten des jeweiligen Verdampferumlaufs ermöglicht. Weiterhin soll eine zur Durchführung des Verfahrens geeignete Gas- und Dampfturbinenanlage angegeben werden.

**[0013]** In Bezug auf das Verfahren wird die Aufgabe dadurch gelöst, dass die Höhe der vom Strömungsmittel in den an die Dampftrommel angeschlossenen Fall-

rohren gebildeten Flüssigkeitssäule überwacht wird.

**[0014]** Die Erfindung geht von der Überlegung aus, dass aufgrund der neuerdings in der Werkstofftechnologie und Materialentwicklung für Verdampferheizrohre erzielten Fortschritte entgegen der bislang in der Fachwelt vertretenen Auffassung eine Auslegung einer Gas- und Dampfturbinenanlage sowohl in technischer Hinsicht denkbar als auch unter den gegebenen wirtschaftlichen Randbedingungen in der Praxis konkurrenzfähig ist, bei der zumindest zeitweilig während besonderer Betriebszustände ein teilweiser oder auch vollständiger Trockenbetrieb eines Verdampferumlaufs, sprich ein Abfallen des Flüssigkeitsfüllstands in den Fallrohren unter das Niveau der Dampftrommel, tolerierbar ist.

**[0015]** Um dabei dauerhafte Materialbeschädigungen und damit einhergehende betriebliche Gefahren zu vermeiden, sollten zum einen die im Strömungskanal des Abhitzedampferzeugers angeordneten Steigrohre bzw. die aus ihnen gebildeten Heizflächen in Bezug auf ihre Temperaturbeständigkeit auf die üblicherweise beim Anlagenbetrieb auftretenden Rauchgastemperaturen im Bereich ihrer Einbauposition ausgelegt werden, beispielsweise 300 °C bei einem MD-Verdampfer bzw. 200 °C bei einem ND-Verdampfer. Die bislang immer vorhandene Kühlung durch das normalerweise in den Rohren geführte Strömungsmittel sollte also nunmehr für einen möglichen Trockenbetrieb nicht mehr bei der Temperatureauslegung miteinkalkuliert werden. Derartige Anforderungen werden ohne Weiteres durch eine Vielzahl dem Fachmann bekannter Stähle erfüllt, deren Temperatureinsatzgrenze zum Teil bei über 400 °C liegt und deren Verwendung sich auch in wirtschaftlicher Hinsicht rechtfertigen lässt.

**[0016]** Zum anderen sollte das bislang übliche Überwachungs- und Absicherungskonzept für eine derartige Gas- und Dampfturbinenanlage und insbesondere für diejenigen Verdampferumläufe, bei denen ein vorübergehendes Trockenfahren in Betracht gezogen wird, konsequent an die gegenüber bisherigen Auslegungsgrundsätzen veränderten thermischen Belastungen und Gefährdungen für die strukturelle Integrität der Verdampferkomponenten angepasst werden. Als eine zentrale Eingangsgröße für das zugehörige Überwachungssystem und zur Entscheidung über Art und Umfang gegebenenfalls einzuleitender Sicherheitsmaßnahmen sollte dabei zunächst einmal eine Messgröße erfasst werden, die zuverlässig Auskunft über einen einsetzenden Trockenbetrieb sowie über dessen "Ausmaß" gibt.

**[0017]** Aus diesem Grunde ist gemäß dem hier vorgestellten Konzept über die bislang übliche Füllstandsmessung in der Dampftrommel hinaus eine messtechnische Erfassung der Füllstandshöhe der vom flüssigen Strömungsmedium gebildeten Flüssigkeitssäule innerhalb der Fallrohre des Verdampferumlaufs vorgesehen. Mit anderen Worten: Die Messvorrichtung gibt nicht nur darüber Auskunft, ob der Flüssigkeitsstand überhaupt unterhalb eines Mindestniveaus in der Dampftrommel oder unterhalb des Niveaus der Fallrohranschlüsse absinkt,

sondern quantifiziert diesen Zustand noch näher, indem sie mindestens noch ein weiteres Höhengniveau oder eine Mehrzahl diskreter Höhengmesspunkte innerhalb des Fallrohres überwacht und messtechnisch auflöst. Selbstverständlich kann auch eine kontinuierliche oder quasi-kontinuierliche Messung der Füllstandshöhe im Fallrohr vorgesehen sein, zweckmäßigerweise mit dem am unteren Rohrende angeordneten Verteilersammler als Bezugspunkt.

**[0018]** Sofern mehrere Fallrohre an die Dampftrommel angeschlossen und in der Art einer strömungsseitigen Parallelschaltung mit einem gemeinsamen Verteilersammler verbunden sind, stellt sich gemäß dem Prinzip der kommunizierenden Röhren üblicherweise in allen Fallrohren dieselbe Füllstandshöhe ein, so dass vorteilhafterweise lediglich der Füllstand in einem der Rohre überwacht werden muss.

**[0019]** In einer vorteilhaften Ausgestaltung wird ferner die Temperatur des Rauchgases im Bereich der Steigrohre überwacht, wobei in einem Betriebszustand mit einem unterhalb des Anschlusses an die Dampftrommel liegenden Flüssigkeitsfüllstand in den Fallrohren eine Sicherheitsmaßnahme eingeleitet wird, sobald die Temperatur des Rauchgases im Bereich der den Fallrohren nachgeschalteten Steigrohre einen vorgegebenen Grenzwert übersteigt.

**[0020]** Auf diese Weise wird also gerade in einem mit einer besonders hohen Gefährdungslage einhergehenden Betriebszustand mit einem möglicherweise unmittelbar bevorstehenden oder bereits stattfindenden Trockenbetrieb bzw. mit verringertem Strömungsmitteldurchsatz die von außen auf die Steigrohre einwirkende Beheizungstemperatur überwacht und bei Überschreitung eines als kritisch angesehenen Wertes eine Sicherheitsreaktion ausgelöst. Dabei kann insbesondere auch eine Kaskade gestaffelter Grenzwerte festgelegt sein, wobei bei Überschreiten eines ersten Grenzwertes zunächst noch eine relativ "milde", bei weiterer Temperaturerhöhung jedoch in zunehmendem Maße drastischere Gegenmaßnahmen eingeleitet werden.

**[0021]** Vorteilhafterweise wird der jeweilige Temperatur-Grenzwert dabei abhängig vom durch Messung ermittelten Flüssigkeitsfüllstand in den Fallrohren vorgegeben, so dass der kühlende Einfluss der verbleibenden Menge von dem die nachgeschalteten Steigrohre durchsetzenden und dabei verdampfenden Strömungsmittel angemessen bei der Entscheidung über Art und Zeitpunkt der Einleitung von Sicherheitsmaßnahmen berücksichtigt werden kann.

**[0022]** Eine erste, relativ milde Sicherheitsmaßnahme besteht vorzugsweise darin, eine Bypassleitung eines dem Verdampferumlauf strömungsmittelseitig vorgeschalteten Kondensatvorwärmers oder rauchgasseitig vorgeordneten Speisewasservorwärmers zu öffnen, um generell während verschiedener Lastwechselzustände, insbesondere beim An- oder Abfahren der Gas- und Dampfturbinenanlage, ein Überschreiten der zulässigen Rauchgastemperaturen vor den betreffenden Verdamp-

fern zu verhindern. Soll anschließend der reguläre Betrieb wieder aufgenommen und in der betreffenden Verdampferstufe wieder Dampf erzeugt werden, dann befüllt man das jeweilige Verdampfersystem mit heißem Wasser aus dem vorgeschalteten Economizer (beim MD-Verdampfer) bzw. aus dem Kondensatvorwärmer (beim ND-Verdampfer). Durch gezieltes Schließen des kalten Kondensatvorwärmer-Bypasses bzw. des Economizer-Bypasses wird die jeweilige Beheizungstemperatur erhöht und die Dampfproduktion wieder eingeleitet.

**[0023]** Speziell bei einem Drei-Druck-System mit einem Kondensatvorwärmer, einem dem Kondensatvorwärmer nachgeschalteten MD-Economizer für das Speisewasser des MD-Verdampfers und einem dem MD-Economizer nachgeschalteten HD-Economizer für das Speisewasser der HD-Stufe führt das Öffnen der Kondensatvorwärmer-Bypassleitung oder der Bypassleitung des MD-Economizers in dem Standardfall, dass, wie in der DE 100 04 187 C1 beschrieben, der HD-Verdampfer rauchgasseitig dem MD-Verdampfer und dieser wiederum dem ND-Verdampfer vorgeordnet ist, zu dem vorteilhaften Nebeneffekt, dass nunmehr auch der Verdampferumlauf der HD-Stufe mit vergleichsweise kühlerem Speisewasser versorgt wird, so dass dem Rauchgas der Gasturbine bereits im Eintrittsbereich des Abhitzedampferzeugers vergleichsweise viel Wärme entzogen wird. Die - im Vergleich zu Hochdruckstufe ohnehin moderate - Temperaturbelastung im Bereich der MD- und ND-Heizflächen wird hierdurch bei Bedarf besonders schnell und effektiv verringert. Gerade bei einer derart wirksamen, bedarfsweise aktivierbaren Sicherheitsmaßnahme kann ein vorübergehendes Trockenfahren des MD- und/oder des ND-Verdampferumlaufs daher besonders gut toleriert werden.

**[0024]** Vorteilhafterweise werden dabei sowohl die Höhe der Flüssigkeitssäule in den Fallrohren des MD- und/oder des ND-Verdampfers als auch die jeweilige Rauchgastemperatur überwacht, wobei ein möglicher Überlastungszustand einer der beiden Druckstufen anhand der beiden ihr zugeordneten Parameter Füllstandshöhe und Rauchgastemperatur am Einbauort der Heizflächen abgeleitet wird. Bei der Festlegung von Temperaturgrenzwerten für die Einleitung von Sicherheitsmaßnahmen wird zweckmäßigerweise sowohl das räumlich variierende Beheizungsprofil als auch eine möglicherweise unterschiedliche Materialwahl und Temperaturlösung für die verschiedenen Verdampferumläufe berücksichtigt.

**[0025]** Eine weitere, drastischere Sicherheitsmaßnahme kann darin bestehen, eine Leistungsreduktion oder eine Schnellabschaltung der Gasturbine einzuleiten oder, z. B. durch Betätigen einer Bypassklappe, das aus der Gasturbine austretende Rauchgas zumindest zum Teil am Abhitzedampferzeuger vorbeizuleiten.

**[0026]** In Bezug auf die Vorrichtung wird die eingangs genannte Aufgabe gelöst durch eine Gas- und Dampfturbinenanlage, bei der eine Füllstandsmessvorrichtung zur Messung der Höhe der vom Strömungsmedium ge-

bildeten Flüssigkeitssäule in den an die Dampftrommel angeschlossenen Fallrohren signalausgangsseitig mit einer Überwachungs- und Steuerungsvorrichtung für die Gas- und Dampfturbinenanlage verbunden ist.

**[0027]** Vorteilhafterweise ist ferner die Überwachungs- und Steuerungsvorrichtung signaleingangsseitig mit einer die Temperatur des Rauchgases im Bereich der Steigrohre überwachenden Temperaturmessvorrichtung verbunden und derart konfiguriert, dass sie in einem Betriebszustand mit einem unterhalb des Anschlusses an die Dampftrommel liegenden Flüssigkeitsfüllstand in den Fallrohren eine Sicherheitsmaßnahme einleitet, sobald die von der Temperaturmessvorrichtung gemessene Temperatur einen vorgegebenen Grenzwert überschreitet.

**[0028]** Die mit der Erfindung erzielten Vorteile bestehen insbesondere darin, dass es durch die konsequente Auslegung der Anlagenarchitektur und der zugehörigen Absicherungs- und Überwachungssysteme ermöglicht ist, bei einer Gas- und Dampfturbinenanlage mit einem Abhitzedampferzeuger bei Bedarf ein auf dem Naturumlaufprinzip beruhendes Verdampfersystem, insbesondere das MD- und/oder das ND-Verdampfersystem, gefahrlos bei einem Wasserstand weit unterhalb dem derzeit festgelegten Mindestwasserstand zu betreiben oder die Heizflächen sogar trocken zu fahren, ohne dabei den Betrieb des Abhitzedampferzeugers oder der Gasturbine einstellen zu müssen. Insbesondere ist eine Einstellung von flexiblen minimalen Wasserständen im jeweiligen Verdampferumlauf in Abhängigkeit von bestimmten Betriebsweisen ohne Sicherheitseinbußen möglich.

**[0029]** Es kann nachgewiesen werden, dass ein derartiges Konzept auch die durch die neuen Normen DIN IEC 61508 und DIN IEC 61511 festgelegten Sicherheitsstandards erfüllt oder sogar darüber hinausgeht. Das Schnellabschaltungsrisiko des Abhitzedampferzeugers bei einem Schnellschluss der Dampfturbinen-Regelventile oder bei schnellen Lastwechseln sinkt nämlich erheblich, wenn der Wasserstand im Verdampferumlauf gefahrlos unter das Trommelniveau abfallen kann. Damit wird die Verfügbarkeit der Gas- und Dampfturbinenanlage weiter erhöht, insbesondere bei Schnellstarts, denen zum Ausgleich von kurzfristigen Bedarfs- und Versorgungsschwankungen im Stromnetz eine zunehmende Bedeutung beikommt. Insbesondere bei Gas- und Dampfturbinenanlagen ohne Bypass-Kamin-Klappe hat ein geringeres Schnellabschaltungsrisiko des Abhitzedampferzeugers geringere Belastungen und somit weniger äquivalente Betriebsstunden für die Gasturbine zur Folge. Damit können bei gleichbleibendem Sicherheitsniveau die Revisionsabstände an der Gasturbine verlängert werden.

**[0030]** Darüber hinaus ermöglicht das erfindungsgemäße Konzept eine kostengünstigere Auslegung und Konstruktion von im Fertigungsaufwand üblicherweise besonders kostenträchtigen Komponenten des Verdampfersystems, da insbesondere die MD- und ND-Dampftrommeln kompakter als bislang notwendig aus-

geführt werden können. Dies ist speziell im Rahmen der oben erläuterten Betriebsweise "Sleeping Mode" bei Wegfall der Niederdruckumleitstation für den ND-Verdampfer von Relevanz, da die ansonsten für eine Durchführung dieser Betriebsweise erforderliche Trommelvergrößerung nunmehr entsprechend geringer ausfallen oder sogar ganz entfallen kann. Schließlich fällt auch der regelungstechnische Aufwand zur Einhaltung der Kondensatvorwärmer- und Economizer-Eintrittstemperaturen bei Ölbetrieb geringer als bisher aus.

**[0031]** Bei entsprechender Abwandlung und Anpassung kann das hier vorgestellte Konzept auch bei Gas- und Dampfturbinenanlagen mit auf dem Zwangsumlaufprinzip beruhenden Verdampferstufen Anwendung finden.

**[0032]** Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird anhand einer Zeichnung näher erläutert. Darin zeigen in jeweils schematischer Darstellung:

FIG 1 eine Gas- und Dampfturbinenanlage, und  
 FIG 2 einen Ausschnitt aus FIG 1, wobei im Interesse einer besseren Erkennbarkeit wesentlicher Komponenten der Gas- und Dampfturbinenanlage einige Details aus FIG 1 weggelassen oder in zeichnerisch leicht abgewandelter Form dargestellt wurden.

**[0033]** Gleiche Teile sind in beiden Figuren mit denselben Bezugszeichen versehen.

**[0034]** Die Gas- und Dampfturbinenanlage 1 gemäß FIG 1 umfasst eine Gasturbinenanlage 1a und eine Dampfturbinenanlage 1b.

**[0035]** Die Gasturbinenanlage 1a umfasst eine Gasturbine 2 mit angekoppeltem Luftverdichter 4 und eine der Gasturbine 2 vorgeschaltete Brennkammer 6, in der Brennstoff B unter Zufuhr verdichteter Luft aus dem Luftverdichter 4 zum Arbeitsmittel oder Brenngas A für die Gasturbine 2 verbrannt wird. Die Gasturbine 2 und der Luftverdichter 4 sowie ein Generator 8 sitzen auf einer gemeinsamen Turbinenwelle 10.

**[0036]** Die Dampfturbinenanlage 1b umfasst eine Dampfturbine 12 mit angekoppeltem Generator 14 und in einem als Wasser-Dampf-Kreislauf ausgebildeten Strömungsmittelkreislauf 16 einen der Dampfturbine 12 nachgeschalteten Kondensator 18 sowie einen Abhitzedampferzeuger 20. Die Dampfturbine 12 weist eine erste Druckstufe oder einen Hochdruckteil 12a und eine zweite Druckstufe oder einen Mitteldruckteil 12b sowie eine dritte Druckstufe oder einen Niederdruckteil 12c auf, die über eine gemeinsame Turbinenwelle 22 den Generator 14 antreiben.

**[0037]** Zum Zuführen von in der Gasturbine 2 entspanntem Arbeitsmittel oder Rauchgas R in den Abhitzedampferzeuger 20 ist eine Abgasleitung 24 an den Abhitzedampferzeuger 20 eingangsseitig angeschlossen. Das entspannte Rauchgas R aus der Gasturbine 2 verlässt den Abhitzedampferzeuger 20 ausgangsseitig in Richtung auf einen nicht dargestellten Kamin.

**[0038]** Der Abhitzedampferzeuger 20 umfasst als Heizflächen einen Kondensatvorwärmer 26, der eingangsseitig über eine Kondensatleitung 28, in die eine Kondensatpumpe 30 geschaltet ist, mit Kondensat K aus dem Kondensator 18 gespeist wird. Der Kondensatvorwärmer 26 ist ausgangsseitig an die Saugseite einer Speisewasserpumpe 34 geführt. Zur bedarfsweisen Umführung des Kondensatvorwärmers 26 ist dieser mit einer Bypassleitung 36, in die ein motorisch betätigbares Ventil 38 geschaltet ist, überbrückt.

**[0039]** Die Speisewasserpumpe 34 ist im Ausführungsbeispiel als Hochdruckspeisepumpe mit Mitteldruckentnahme ausgebildet. Sie bringt das Kondensat K auf ein für eine dem Hochdruckteil 12a der Dampfturbine 12 zugeordnete Hochdruckstufe 40 des Strömungsmittelkreislaufs 16 geeignetes Druckniveau. Das über die Speisewasserpumpe geführte Kondensat K, das auf der Druckseite der Speisewasserpumpe 34 als Speisewasser S bezeichnet wird, wird mit mittlerem Druck einem Speisewasservorwärmer 42 zugeführt. Dieser ist ausgangsseitig an eine Mitteldruck-Dampftrommel 44 angeschlossen. Analog ist der Kondensatvorwärmer 26 ausgangsseitig über ein motorisch betätigbares Ventil 46 an eine Niederdruck-Dampftrommel 48 angeschlossen.

**[0040]** Die Mitteldruck-Dampftrommel 44 ist mit einem im Abhitzedampferzeuger 20 angeordneten Mitteldruck-Verdampferumlauf 52 verbunden. Der Verdampferumlauf 52 umfasst eine Anzahl von in FIG 1 nur schematisch angedeuteten, außerhalb des vom Rauchgas R beheizten Strömungskanal des Abhitzedampferzeugers 20 verlaufenden Fallrohren 54, die an ihrem oberen Ende jeweils an den Sumpf der Dampftrommel 44 angeschlossen sind und an ihrem unteren Ende in einen hier nicht näher dargestellten Verteilersammler münden. Über den Verteilersammler wird eine Mehrzahl von parallel geschalteten, zu im Abhitzedampferzeuger 20 angeordneten Heizflächen 50 gebündelten Steigrohren 56 mit flüssigem Strömungsmittel, hier Wasser, aus der Dampftrommel 44 bzw. aus den Fallrohren 54 bespeist, welches beim Durchströmen der Steigrohre 56 zum Teil verdampft, dabei nach oben steigt und als Wasser-Dampf-Gemisch wieder in die Dampftrommel 44 eintritt.

**[0041]** Dampfseitig ist an die Mitteldruck-Dampftrommel 44 ein Mitteldruck-Überhitzer 58 angeschlossen, der ausgangsseitig an eine den Hochdruckteil 12a ausgangsseitig mit einem zwischenüberhitzer 60 verbindende Abdampfleitung 62 angeschlossen ist. Der Zwischenüberhitzer 60 wiederum ist ausgangsseitig über eine Dampfleitung 64, in die ein motorisch betätigbares Ventil 66 geschaltet ist, an den Mitteldruckteil 12b der Dampfturbine 12 angeschlossen.

**[0042]** Hochdruckseitig ist die Speisewasserpumpe 34 über einen ersten Hochdruck-Economizer 68 und einen diesem speisewasserseitig nachgeschalteten und innerhalb des Abhitzedampferzeugers 20 rauchgasseitig vorgeordneten zweiten Hochdruck-Economizer 70 an eine Hochdruck-Dampftrommel 72 geführt. Die Hoch-

druck-Dampftrommel 72 ist wiederum mit einem im Abhitzedampferzeuger 20 angeordneten Hochdruck-Verdampfer 74 zur Bildung einer Anzahl von Fallrohren 76 und Steigrohren 78 umfassenden Verdampferumlaufs 80 verbunden. Zum Abführen von Frischdampf F ist die Hochdruck-Dampftrommel 72 an einen im Abhitzedampferzeuger 20 angeordneten Hochdruck-Überhitzer 82 angeschlossen, der ausgangsseitig mit dem Hochdruckteil 12a der Dampfturbine 12 über eine Frischdampfleitung 84 mit einem motorisch betätigbaren Ventil 86 verbunden ist. Der erste Hochdruck-Economizer 68 ist ebenfalls mit einer Bypassleitung 88 überbrückt, in die wiederum ein motorisch betätigbares Ventil 90 geschaltet ist.

**[0043]** Der Speisewasservorwärmer 42 und der Mitteldruck-Verdampfer 50 sowie der Mitteldruck-Überhitzer 58 bilden zusammen mit dem Zwischenüberhitzer 60 und dem Mitteldruckteil 12b der Dampfturbine 12 die Mitteldruckstufe 92 des als Wasser-Dampf-Kreislauf ausgebildeten Strömungsmittel-Kreislaufs 16. Analog bildet ein im Abhitzedampferzeuger 20 angeordneter und zur Bildung eines Verdampferumlaufs 94 mit der Niederdruck-Dampftrommel 48 verbundener Niederdruck-Verdampfer 96 zusammen mit einem an die Niederdruck-Dampftrommel 48 dampfseitig angeschlossenen Niederdruck-Überhitzer 98 und dem Niederdruckteil 12c der Dampfturbine 12 die Niederdruckstufe 100 des Strömungsmittelkreislaufs 16. Analog zum Hochdruck-Verdampferumlauf 80 und zum Mitteldruck-Verdampferumlauf 52 setzt sich der Niederdruck-Verdampferumlauf 94 aus einer Anzahl von an die Dampftrommel 48 angeschlossenen Fallrohren 102 und einer Anzahl von diesen strömungsmittelseitig nachgeschalteten Steigrohren 104 zusammen. Ausgangsseitig ist der Niederdruck-Überhitzer 98 über eine Dampfleitung 106, in die ein motorisch betätigbares Ventil 108 geschaltet ist, mit dem Eintritt des Niederdruckteils 12c der Dampfturbine 12 verbunden.

**[0044]** Zur bedarfsweisen Umführung oder Umleitung des Hochdruckteils 12a der Dampfturbine 12 ist die den Hochdruck-Überhitzer 82 mit dem Hochdruckteil 12a verbindende Frischdampfleitung 84 über eine Dampfleitung 110, in die ein motorisch betätigbares Ventil 112 geschaltet ist, direkt mit dem Kondensator 18 verbunden. Dabei ist die als Hochdruckumleitung dienende Dampfleitung 110 in Strömungsrichtung des Frischdampfes F vor dem Ventil 86 an die Frischdampfleitung 84 angeschlossen.

**[0045]** Um bei einem besonders niedrigen Konstruktions- und Fertigungsaufwand eine flexible Anpassung der Betriebsweise an unterschiedliche Anforderungen zu ermöglichen, ist die Gas- und Dampfturbinenanlage 1 derart ausgelegt, dass der Füllstand von flüssigem Strömungsmittel in den Fallrohren 54, 102 des Mitteldruck-Verdampferumlaufs 52 und des Niederdruck-Verdampferumlaufs 94 zumindest vorübergehend unter das Niveau des Anschlusses an die jeweilige Dampftrommel 44, 48 abfallen kann, falls erforderlich bis hin zu einem vollständigen Trockenbetrieb des Verdampferumlaufs 52 bzw. 94.

**[0046]** Zu diesem Zweck ist das Rohrwandmaterial der den Fallrohren 54, 102 strömungsmittelseitig nachgeschalteten, durch Kontakt mit dem Rauchgas R konvektiv beheizten Steigrohre 56, 104 in Bezug auf seine Temperaturfestigkeit jeweils derart gewählt, dass seine Temperatureinsatzgrenze oberhalb der in diesem Bereich des Abhitzedampferzeugers 20 normalerweise vorliegenden oder maximal zu erwartenden Temperatur des Rauchgases R liegt. Beispielsweise beträgt die Temperatur des Rauchgases R im Bereich des Mitteldruck-Verdampfers 50 unter gewöhnlichen Umständen rund 300 °C, im Bereich des Niederdruck-Verdampfers 96 rund 200 °C. Sofern beispielsweise die Steigrohre 56 des Mitteldruck-Verdampfers 50 auf eine Dauertemperaturfestigkeit von etwa 400 °C und die Steigrohre 104 des Niederdruck-Verdampfers 96 auf eine Dauertemperaturfestigkeit von etwa 300 °C ausgelegt sind, stehen damit im Regelfall ausreichende Sicherheitsreserven zur Verfügung, um ein vorübergehendes Trockenfahren, z. B. beim An- oder Abfahren der Gas- und Dampfturbinenanlage 1 oder bei schnellen Lastwechseln, zu tolerieren. Damit können insbesondere die Mitteldruck-Dampftrommel 44 und die Niederdruck-Dampftrommel 48 besonders kompakt gebaut werden, da das bislang jeweils zum Ausgleich unterschiedlicher Dampfproduktionsraten und zur Gewährleistung einer kontinuierlichen Bespeisung der Steigrohre 56, 104 mit Strömungsmittel vorgehaltene Flüssigkeitsvolumen vergleichsweise klein ausfallen kann.

**[0047]** Um darüber hinaus jedoch auch im Falle unvorhergesehener Temperaturspitzen während eines unmittelbar bevorstehenden oder bereits stattfindenden Trockenbetriebs des Mitteldruck-Verdampferumlaufs 52 und/oder des Niederdruck-Verdampferumlaufs 94 angemessen durch die Einleitung von Sicherheitsmaßnahmen reagieren zu können, ist die Gas- und Dampfturbinenanlage 1 mit einem spezifisch zur Überwachung und Steuerung bzw. Regelung derartiger Betriebszustände ausgelegten Überwachungs- und Steuerungssystem ausgestattet. Insbesondere werden der Mitteldruck-Verdampferumlauf 52 und der Niederdruck-Verdampferumlauf 94 auf nachfolgend zu beschreibende Weise unabhängig voneinander überwacht.

**[0048]** Die Überwachung des Niederdruck-Verdampferumlaufs 94 geschieht wie folgt: Neben der bislang üblichen Überwachung des Wasserstandes in der Niederdruck-Dampftrommel 48, in FIG 2 schematisch angedeutet durch den Doppelpfeil 114, ist nunmehr eine Füllstandsüberwachung vorgesehen, die auch die an die Niederdruck-Dampftrommel 48 angeschlossene Fallrohre 102 mit einbezieht, hier schematisch angedeutet durch den Doppelpfeil 116. Eine hier nicht näher dargestellte Füllstandsmessvorrichtung misst also die auf dem tiefsten Punkt der Fallrohre 102 bezogene Höhe der Wassersäule, die während des Normalbetriebs der Gas- und Dampfturbinenanlage 1 bis in die Dampftrommel 48 hineinreicht, während besonderer Situationen nunmehr aber auch - wie oben geschildert - unter das Höhenniveau

der oberen Fallrohranschlüsse abfallen kann. Es kann auch vorgesehen sein, das Füllstandsniveau auf die Fallrohranschlüsse, sprich auf den tiefsten Punkt der Dampftrommel 48 zu beziehen und beispielsweise einen darüber liegenden Füllstand mit einem positiven Vorzeichen, einem darunter liegenden Füllstand mit einem negativen Vorzeichen anzugeben. Wenn also z. B. die Höhe der Fallrohre 102 zwei Meter beträgt, so würde ein Füllstand von "minus 1,9 m" einen möglicherweise unmittelbar bevorstehenden vollständigen Trockenbetrieb signalisieren.

**[0049]** Der so gemessene Füllstand von flüssigem Strömungsmedium in den Fallrohren 102 des Niederdruck-Verdampferumlaufs 94 wird an eine hier nicht näher dargestellte zentrale Auswerteeinheit einer Überwachungs- und Steuerungsvorrichtung für die Gas- und Dampfturbinenanlage 1 übermittelt. Eine weitere Eingangsgröße für die Überwachung ist die im Bereich der Steigrohre 104 herrschende Temperatur  $T_1$  des Rauchgases R, die im Ausführungsbeispiel gemäß FIG 2 durch eine in Strömungsrichtung des Rauchgases R gesehen knapp vor den Steigrohren 104 im Abhitzedampferzeuger 20 angeordnete, hier nur schematisch angedeutete Temperaturmessvorrichtung 118 bzw. deren Temperaturmessfühler erfasst wird. Die Überwachungs- und Steuerungsvorrichtung ist derart konfiguriert bzw. programmiert, dass sie zumindest in einem Betriebszustand mit einem unterhalb des Anschlusses an die Dampftrommel 48 liegenden Flüssigkeitsfüllstand in den Fallrohren 102 eine Sicherheitsmaßnahme einleitet, sobald die von der Temperaturmessvorrichtung 118 gemessene Temperatur  $T_1$  einen vorgegebenen Grenzwert überschreitet. Dieser Grenzwert kann insbesondere abhängig vom Flüssigkeitsfüllstand in den Fallrohren 102 vorgegeben sein.

**[0050]** Falls beispielsweise die Temperatureinsatzgrenze für die Steigrohre 104 des Niederdruck-Verdampferumlaufs 94 bei 300 C liegt, so kann etwa bei bis zu halber Höhe mit Wasser gefüllten Fallrohren 102 ein erster Grenzwert bei 290 °C eingestellt sein, bei dem zunächst das in der Bypassleitung 36 des Kondensatvorwärmers 26 liegende Ventil 38 geöffnet wird. Im Falle eines vollständigen Trockenbetriebs ist dieser erste Grenzwert zweckmäßigerweise entsprechend niedriger eingestellt, z. B. bei etwa 270 °C.

**[0051]** Das Öffnen des Ventils 38 führt dazu, dass das Kondensat K auf der Saugseite der Speisewasserpumpe 34 eine Mischtemperatur  $T_M$  aufweist, die sich aufgrund des zumindest teilweisen Umströmens des Kondensatvorwärmers 26 einstellt. Diese Mischtemperatur  $T_M$  ist kleiner als die Kondensattemperatur  $T_K$  bei vollständig durchströmten, d. h. nicht umströmten Kondensatvorwärmer 26. Auch bei Vorwärmung eines Teilstroms K' im Kondensatvorwärmer 26 stellt sich eine Mischtemperatur  $T_M$  ein, die kleiner ist als die Temperatur  $T_K$  des beim Betrieb der Dampfturbine 12 den Kondensatvorwärmer 26 verlassenden Kondensats K. Auf diese Weise gelangt sowohl in den Speisewasservorwärmer 42 als

auch in den ersten Hochdruck-Economizer 68 vergleichsweise kaltes Speisewasser S mit der Folge, dass das Rauchgas R in Strömungsrichtung vor der Niederdruckstufe 100 vergleichsweise stark abgekühlt wird. Dadurch erhält die Niederdruckstufe 100, d. h. insbesondere der Niederdruck-Verdampfer 96, vergleichsweise wenig Wärme, während zugleich vergleichsweise kühleres Kondensat K durch die Kondensatleitung 120 in die Niederdruck-Dampftrommel 48 einströmt. Damit wird je nach Stellung des Ventils 38 die Temperaturbelastung für die Steigrohre 104 der Niederdruckstufe 100 stark gesenkt und zugleich das Wasserstandsniveau in der Niederdruck-Dampftrommel 48 bzw. in den an sie angeschlossenen Fallrohren 102 wieder erhöht, so dass potenziell gefährlichen Betriebszuständen aufgrund des vorübergehenden Trockenbetriebs des Niederdruck-Verdampferumlaufs 94 bei Bedarf aktiv und zielgerichtet entgegengewirkt werden kann.

**[0052]** Sollte trotz der beschriebenen Maßnahmen die Temperatur  $T_1$  des Rauchgases R im Bereich des Niederdruck-Verdampfers 96 weiter ansteigen und einen zweiten Grenzwert von z. B. 320 °C bei zur Hälfte mit Wasser gefüllten Fallrohren 102 oder z. B. 300 °C bei Trockenbetrieb übersteigen, so leitet die Überwachungs- und Steuerungsvorrichtung für die Gas- und Dampfturbinenanlage 1 weitergehende Sicherheitsmaßnahmen ein, z. B. eine Schnellabschaltung der Gasturbinenanlage 1a.

**[0053]** Für die Überwachung des Mitteldruck-Verdampferumlaufs 52 gilt entsprechendes. Das heißt, es ist einerseits eine Füllstandsmessvorrichtung, angedeutet durch den Doppelpfeil 124, zur Messung der Höhe der vom Strömungsmedium gebildeten Flüssigkeitssäule in den an die Dampftrommel 44 angeschlossenen Fallrohren 54 und andererseits eine im Rauchgaskanal knapp vor den Steigrohren 56 angeordnete Temperaturmessvorrichtung 126 zur Messung der im Bereich der Steigrohre 56 herrschenden Rauchgastemperatur  $T_2$  vorgesehen. Analog zum Niederdruck-Verdampferumlauf 94 ist eine mit den Temperatur- und Füllstandsmessfühlern verbundene Überwachungs- und Steuerungsvorrichtung derart konfiguriert, dass sie in einem Betriebszustand mit einem unterhalb des Anschlusses an die Mitteldruck-Dampftrommel 44 liegenden Flüssigkeitsfüllstand in den Fallrohren 54 eine Sicherheitsmaßnahme einleitet, sobald die von der Temperaturmessvorrichtung 126 gemessene Rauchgastemperatur  $T_2$  einen vorgegebenen Grenzwert überschreitet.

**[0054]** Eine erste Sicherheitsmaßnahme kann beispielsweise wiederum darin bestehen, das Ventil 38 in der Bypassleitung 36 für den Kondensatvorwärmer 26 zu öffnen. Alternativ oder zusätzlich kann das Ventil 90 in der Bypassleitung 88 für den ersten Hochdruck-Economizer 68 geöffnet werden, so dass dem zweiten Hochdruck-Economizer 70 vergleichsweise kühleres Speisewasser S zugeführt wird. Der zweite Hochdruck-Economizer 70 entnimmt daher dem in diesem Bereich des Abhitzedampferzeugers 20 strömenden Rauchgas R ge-



genüber dem Betrieb mit geschlossenen Bypassventilen 38, 90 zusätzlich Wärme, die den rauchgasseitig nachgeordneten Mitteldruck-Heizflächen bzw. den Steigrohren 56 nicht mehr zur Verfügung steht. Dadurch kann insbesondere während des Trockenbetriebs die Temperaturbelastung für die Steigrohre 56 gemindert werden. Eine zweite, drastischere Sicherheitsmaßnahme kann wiederum in einer Schnellabschaltung der Gasturbinenanlage 1a bestehen.

[0055] Besonders vorteilhaft ist die Möglichkeit, den Mitteldruck-Verdampferumlauf 52 oder den Niederdruck-Verdampferumlauf 94 vorübergehend trocken fahren zu können, während des so genannten Umleitbetriebs. Ein derartiger Umleitbetrieb, der insbesondere beim An- oder Abfahren der Dampfturbine 12 sowie bei einem Dampfturbinenschnellschluss vorgesehen ist, führt zu einer Umleitung des erzeugten Frischdampfs F unter Umgehung der Dampfturbine 12 direkt in den Kondensator 18. Dazu wird das Ventil 86 geschlossen und das Ventil 112 geöffnet. Parallel hierzu wird der Kondensatorwärmer 26 zumindest teilweise umströmt, indem das in der Bypassleitung 36 liegende Ventil 38 geöffnet wird. Gegebenenfalls wird auch das Ventil 90 in der Bypassleitung 88 geöffnet, so dass aufgrund der oben beschriebenen Wärmeverschiebungen im Abhitzedampferzeuger 20 die Produktion von Niederdruck-Dampf und gegebenenfalls auch von Mitteldruck-Dampf gedrosselt oder sogar vollständig zum Erliegen gebracht wird. Somit wird lediglich Hochdruck-Dampf oder Frischdampf F erzeugt, der jedoch über die die Dampfturbine 12 umführende Dampfleitung 110 direkt in den Kondensator 18 eingeleitet wird. Durch die Möglichkeit, den Mitteldruck-Verdampferumlauf 52 und/oder den Niederdruck-Verdampferumlauf 94 gefahrlos trocken fahren zu können, wird die ansonsten bei Gas- und Dampfturbinenanlagen ohne Umleitstationen notwendige Vergrößerung der Mitteldruck-Dampftrommel 44 bzw. der Niederdruck-Dampftrommel 48 gegenüber solchen Anlagen, bei denen Umleitstationen vorhanden sind, vermieden.

### Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Gas- und Dampfturbinenanlage (1), bei dem das aus einer Gasturbine (2) austretende Rauchgas (R) über einen Abhitzedampferzeuger (20) geführt wird, und bei dem ein zum Antrieb einer Dampfturbine (12) verwendetes Strömungsmittel in einem eine Anzahl von Druckstufen (40, 92, 100) umfassenden Strömungsmittelkreislauf (16) geführt wird, wobei mindestens eine der Druckstufen (100) einen Verdampferumlauf (94) mit einer Dampftrommel (48), mit einer Anzahl von an die Dampftrommel (48) angeschlossenen Fallrohren (104) und mit einer Anzahl von den Fallrohren (102) nachgeschalteten, ebenfalls an die Dampftrommel (48) angeschlossenen und durch das Rauchgas (R) im Abhitzedampferzeuger (20) be-

heizten Steigrohren (104) aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Höhe der vom Strömungsmedium in den an die Dampftrommel (48) angeschlossenen Fallrohren (102) gebildeten Flüssigkeitssäule überwacht wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Temperatur ( $T_1$ ) des Rauchgases (R) im Bereich der Steigrohre (104) überwacht wird, wobei in einem Betriebszustand mit einem unterhalb des Anschlusses an die Dampftrommel (48) liegenden Flüssigkeitsfüllstand in den Fallrohren (102) eine Sicherheitsmaßnahme eingeleitet wird, sobald die Temperatur ( $T_1$ ) des Rauchgases (R) im Bereich der den Fallrohren (102) nachgeschalteten Steigrohre (104) einen vorgegebenen Grenzwert überschreitet.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Grenzwert abhängig vom Flüssigkeitsfüllstand in den Fallrohren (102) vorgegeben wird.
4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Sicherheitsmaßnahme eine Bypassleitung (36) eines dem Verdampferumlauf (94) strömungsmittelseitig vorgeschalteten Kondensatorwärmers (26) oder dem Verdampferumlauf (94) rauchgasseitig vorgeordneten Speisewasservorwärmers (68) geöffnet wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Sicherheitsmaßnahme eine Leistungsreduktion oder eine Schnellabschaltung der Gasturbinenanlage (1a) eingeleitet wird, und/oder dass das aus der Gasturbine (2) austretende Rauchgas (R) zumindest zum Teil an dem Abhitzedampferzeuger (20) vorbeigeleitet wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei einem mindestens drei Druckstufen (40, 92, 100) mit jeweils einem Verdampferumlauf (80, 52, 94) umfassenden Strömungsmittelkreislauf (16), wobei die Steigrohre (78, 56, 104) der Verdampferumläufe (80, 52, 94) in Strömungsrichtung des Rauchgases (R) gesehen hintereinander im Abhitzedampferzeuger (20) angeordnet sind, die Höhe der Flüssigkeitssäule in den Fallrohren (102) des in Strömungsrichtung des Rauchgases (R) gesehen letzten Verdampferumlaufs (94), der vorzugsweise als Niederdruck-Verdampferumlauf ausgebildet ist, überwacht wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** ferner die Höhe der Flüssigkeitssäule in den Fallrohren (54) des in Strömungsrichtung des Rauchgases (R) gesehen

vorletzten Verdampferumlaufs (52), der vorzugsweise als Mitteldruck-Verdampferumlauf ausgebildet ist, überwacht wird.

8. Gas- und Dampfturbinenanlage (1) mit einer Gasturbine (2) und mit einem dieser abgasseitig nachgeschalteten Abhitzedampferzeuger (20), sowie mit einem eine Anzahl von Druckstufen (40, 92, 100) umfassenden Strömungsmittelkreislauf (16), in dem ein zum Antrieb einer Dampfturbine (12) verwendetes Strömungsmittel geführt ist, wobei mindestens eine der Druckstufen (100) einen Verdampferumlauf (94) mit einer Dampftrommel (48), mit einer Anzahl von an die Dampftrommel (48) angeschlossenen Fallrohren (102) und mit einer Anzahl von den Fallrohren (102) nachgeschalteten, ebenfalls an die Dampftrommel (48) angeschlossenen und durch das Rauchgas (R) im Abhitzedampferzeuger (20) beheizten Steigrohren (104) aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Füllstandsmessvorrichtung zur Messung der Höhe der vom Strömungsmedium gebildeten Flüssigkeitssäule in den an die Dampftrommel (48) angeschlossenen Fallrohren (102) signalausgangsseitig mit einer Überwachungs- und Steuerungsvorrichtung für die Gas- und Dampfturbinenanlage (1) verbunden ist.
9. Gas- und Dampfturbinenanlage (1) nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Überwachungs- und Steuerungsvorrichtung signaleingangsseitig mit einer die Temperatur ( $T_1$ ) des Rauchgases (R) im Bereich der Steigrohre (104) überwachenden Temperaturmessvorrichtung (118) verbunden und derart konfiguriert ist, dass sie in einem Betriebszustand mit einem unterhalb des Anschlusses an die Dampftrommel (48) liegenden Flüssigkeitsfüllstand in den Fallrohren (102) eine Sicherheitsmaßnahme einleitet, sobald die von der Temperaturmessvorrichtung (118) gemessene Temperatur ( $T_1$ ) einen vorgegebenen Grenzwert überschreitet.

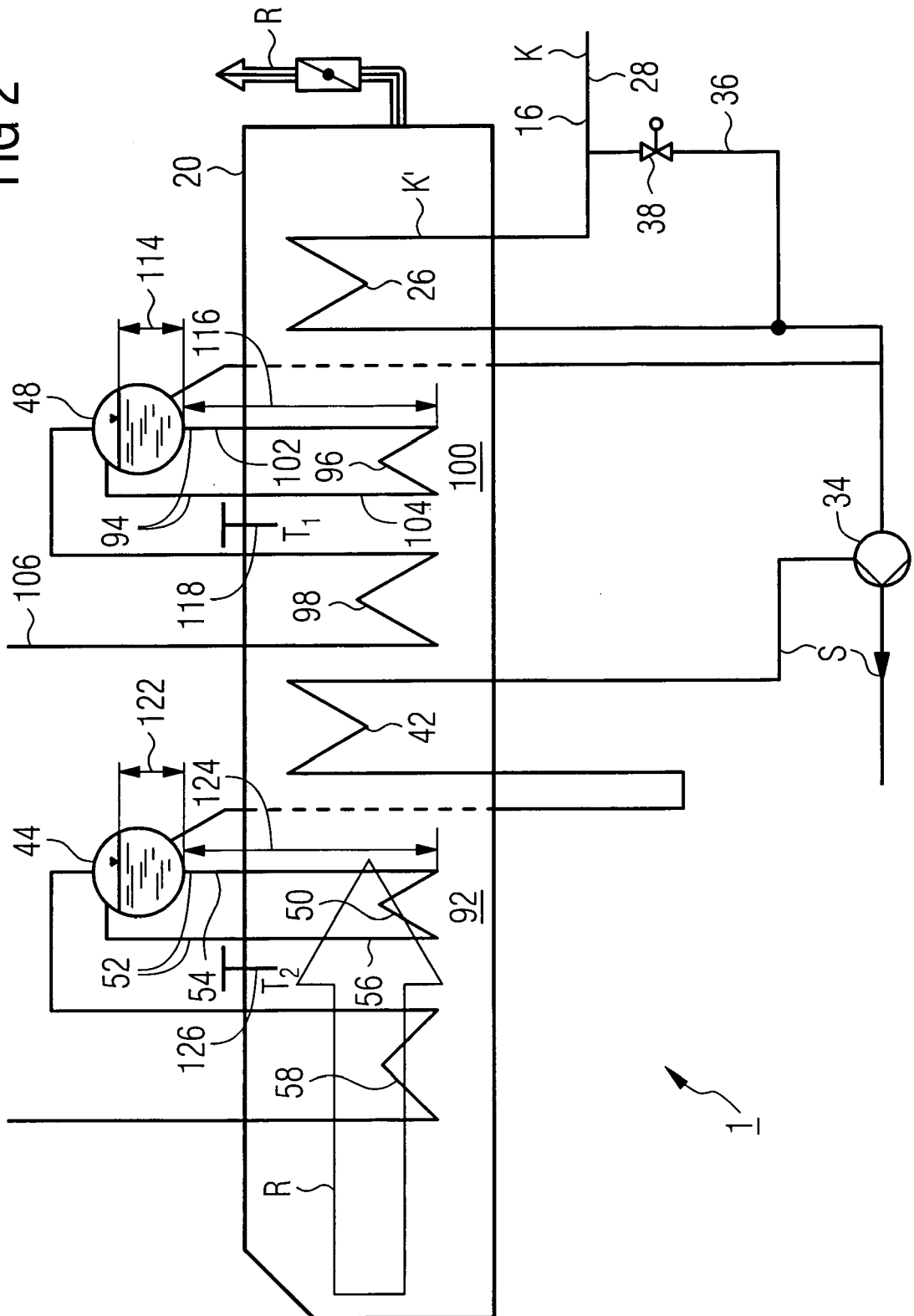
45

50

55



FIG 2





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 07 00 2014

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
Y	US 4 501 233 A (KUSAKA IWAO [JP]) 26. Februar 1985 (1985-02-26) * Abbildung 1 * * Spalte 1, Zeile 6 - Spalte 2, Zeile 62 * -----	1,8	INV. F01K23/10
Y	CA 1 273 856 A1 (UNILUX MANUFACTURING CO INC) 11. September 1990 (1990-09-11) * Abbildungen 1,2,6,7 * * Anspruch 1 * * Seite 10, Zeile 21 - Seite 11, Zeile 15 * -----	1,8	
A	DE 195 10 619 A1 (ABB MANAGEMENT AG [CH]) 26. September 1996 (1996-09-26) * das ganze Dokument * -----		
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F01K F22B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 28. Januar 2009	Prüfer Lepers, Joachim
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

5  
EPO FORM 1503 03.82 (P/MC03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 07 00 2014

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.  
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

28-01-2009

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 4501233 A	26-02-1985	KEINE	
CA 1273856 A1	11-09-1990	KEINE	
DE 19510619 A1	26-09-1996	FI 961334 A	24-09-1996
		JP 8320105 A	03-12-1996
		US 5771846 A	30-06-1998

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- DE 10004178 C1 [0011]
- DE 10004187 C1 [0023]