

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Dampfturbine mit einer ersten Welle zur Anordnung als Erstatturbine in einer Dampfturbinenanordnung sowie eine Dampfturbine mit einer zweiten Welle zur Anordnung als Zweiturbine in einer Dampfturbinenanordnung sowie eine Dampfturbinenanordnung mit einer ersten Dampfturbine und mindestens einer weiteren, der ersten Dampfturbine nachgeordneten Dampfturbine. Die Erfindung betrifft weiter eine Dampfturbinenanlage und ein Verfahren zum Betrieb einer Dampfturbinenanlage.

[0002] Um bei einer Dampfturbinenanlage zu höheren Wirkungsgraden zu gelangen, wird diese in zunehmendem Maße bei immer höheren Dampfparametern betrieben. Dies betrifft insbesondere so genannte HMN-Anlagen (Hochdruck-Mittel- und Niederdruck-Anlagen), d. h. Dampfturbinenanlagen mit einer Dampfturbinenanordnung in Form eines Strangs aus einer ersten Hochdruckdampfturbine, einer nachgeschalteten Mitteldruckdampfturbine und einer dieser nachgeschalteten Niederdruckdampfturbine. Bei Betrieb einer Dampfturbine einer solchen Anlage bei höchsten Dampfzuständen, insbesondere mit Heißdampf einer Temperatur oberhalb einer materialrelevanten Grenztemperatur, ist man derzeit in der Situation, dass für eine Großkomponente einer solchen Dampfturbine zwingend höherwertigere Stähle eingesetzt werden müssen, um die Betriebssicherheit zu gewährleisten.

[0003] Üblicherweise wird man Turbinenanordnungen so ausführen, dass Komponenten mit gleichem Betriebsverhalten auf einer Welle miteinander gekoppelt werden, wie dies in der DE 198 43 441 A1 erläutert ist. Um Getriebe und Kupplungen zu vermeiden, wird man in der Regel vermeiden, Komponenten mit unterschiedlichem Betriebsverhalten in einer Anordnung mit einer gemeinsamen Welle zu realisieren.

[0004] Zwangsläufig entstehen so Probleme bei der Verbindung von höherwertigeren Werkstoffen mit üblichen Materialien einer Dampfturbine, die bislang ausreichend waren, um den Betrieb einer Dampfturbine bei normalen Dampfzuständen zu sichern. Nachteilig ist z. B., dass aufgrund von Schweißnähten zwischen höherwertigeren Werkstoffen und üblichen Materialien ungleiche Schweißnähte entstehen. Insbesondere Schweißverbindungen zwischen Nickel-Basis-Werkstoffen und eisenbasierten Stählen verursachen dabei hohe Schwierigkeiten und Kosten bei der Herstellung. Hinzu kommt, dass aus konstruktiven Gründen oftmals nicht nur Großkomponenten aus den höherwertigeren Werkstoffen gefertigt werden müssen, sondern auch Bereiche einer Dampfturbine, deren Temperaturniveau im Grunde unterhalb der materialrelevanten Grenztemperatur liegt, die aber dennoch aus konstruktiven Gründen mit den höherwertigeren Werkstoffen ausgeführt werden müssen.

[0005] In dem Fall führt dies bei Dampfturbinen und Dampfturbinenanlagen, die gemäß der oben geschilderten derzeitigen Situation nunmehr auch für höchste

Dampfzustände ausgelegt und genutzt werden sollen, entweder zu technischen Schwierigkeiten und Mehraufwendungen oder zu einer technischen Überdimensionierung der Turbine.

[0006] Wünschenswert wäre es, bei einer Dampfturbine das Miteinander von höherwertigeren Stählen und üblichen Materialien weitgehend zu vermeiden, um eine technische Überdimensionierung oder technische Schwierigkeiten und Mehraufwendungen auszuschließen.

[0007] An dieser Stelle setzt die Erfindung an, deren Aufgabe es ist, eine Dampfturbine und eine Dampfturbinenanordnung sowie eine Dampfturbinenanlage und ein Verfahren zum Betrieb einer Dampfturbinenanlage anzugeben, die technisch sicher und ohne Überdimensionierung dennoch für höchste Dampfzustände ausgelegt ist.

[0008] Hinsichtlich der Vorrichtung wird die Aufgabe zunächst von einer Dampfturbine mit einer ersten Welle zur Anordnung als Erstatturbine in einer Dampfturbinenanordnung gelöst, bei der erfindungsgemäß die Erstatturbine in Form einer Hochtemperatur-Dampfturbine zur Beaufschlagung mit Dampf bei Temperaturen vollständig oberhalb oder bei einer ersten materialrelevanten Grenztemperatur ausgelegt ist, und der ein mit der ersten Welle verbundenes Getriebe nachgeschaltet ist.

[0009] In diesem Zusammenhang führt die Erfindung hinsichtlich der Vorrichtung auf eine Dampfturbine mit einer zweiten Welle zur Anordnung als Zweiturbine in einer Dampfturbinenanordnung, bei der erfindungsgemäß die Zweiturbine in Form einer Mitteltemperatur-Dampfturbine zur Beaufschlagung mit Dampf bei Temperaturen vollständig unterhalb oder bei einer materialrelevanten Grenztemperatur ausgelegt ist, und der ein mit der zweiten Welle verbundenes Getriebe vorgeschaltet ist.

[0010] Schließlich führt die Erfindung hinsichtlich der Vorrichtung auf eine Dampfturbinenanordnung mit einer ersten Dampfturbine und mindestens einer weiteren, der ersten Dampfturbine nachgeordneten Dampfturbine, bei der erfindungsgemäß die erste Dampfturbine eine oben genannte Hochtemperatur-Dampfturbine mit einer ersten Welle zur Anordnung als Erstatturbine ist und eine zweite Dampfturbine eine oben genannte Mitteltemperatur-Dampfturbine mit einer zweiten Welle zur Anordnung als Zweiturbine ist, und das Getriebe die erste Welle und die zweite Welle verbindet.

[0011] Die Erfindung hat erkannt, dass die eingangs genannten Probleme bei üblichen, für höchste Dampfzustände ausgelegten Dampfturbinen und/oder Dampfturbinenanordnungen prinzipiell vermeidbar sind, wenn eine Dampfturbine (DT) entweder - in einem ersten Fall - zur Beaufschlagung mit Dampf bei Temperaturen vollständig oberhalb oder bei einer materialrelevanten Grenztemperatur ausgelegt ist oder aber - in einem zweiten Fall - zur Beaufschlagung mit Dampf bei Temperaturen vollständig unterhalb oder bei einer materialrelevanten Grenztemperatur ausgelegt ist. Die erste materi-

alrelevante Grenztemperatur und die zweite materialrelevante Grenztemperatur können, aber müssen nicht, identisch sein. In der Regel gibt es einen Bereich von materialrelevanten Grenztemperaturen, die im Falle einer ersten materialrelevanten Grenztemperatur und im Falle einer zweiten materialrelevanten Grenztemperatur leicht unterschiedlich sind.

[0012] Die Erfindung geht von der Überlegung aus, dass es möglich ist, eine Dampfturbinenanordnung so auszubilden, dass höchste Dampfzustände von einer Erstturbine in einer Dampfturbinenanordnung "abgefangen" werden können, nämlich dadurch, dass eine Hochtemperatur-Dampfturbine zur Beaufschlagung mit Dampf bei Temperaturen ausgelegt ist, die sowohl bei Einleitung, Expansion als auch Ausleitung vollständig oberhalb oder bei einer ersten materialrelevanten Grenztemperatur liegen. Eine solche Erstturbine kann dann nämlich zwanglos mit höherwertigeren Werkstoffen (insbesondere Stählen) gefertigt werden, d. h., alle Großkomponenten einer solchen Hochtemperatur-Dampfturbine als Erstturbine können und sollten durchgängig und konsequent mit höherwertigen Werkstoffen gefertigt werden. Bereiche unterhalb der ersten materialrelevanten Grenztemperatur liegen jedenfalls im Bereich der Großkomponenten weitestgehend nicht vor. Dadurch werden nicht nur artungleiche Schweißnähte mit dem damit verbundenen Fertigungsaufwand vermieden, sondern eine technische und konstruktive Überdimensionierung ist ebenfalls weitgehend vermieden, da die Erstturbine notwendigerweise vollständig für die höchsten Dampfzustände ausgelegt sein sollte. Die Auslegung betrifft dabei nicht nur Dimensionierung, Arbeitsmediumsführung im Strömungskanal sowie Anordnung und Dimensionierung von Rotor und Schaufel, sondern im vorliegenden Fall insbesondere die Materialauswahl und die materialgerechte Konstruktion.

[0013] Entsprechend wird durch die Auslegung der Zweiturbine in Form einer Mitteltemperaturdampfturbine zur Beaufschlagung mit Dampf bei Temperaturen vollständig unterhalb oder bei einer zweiten materialrelevanten Grenztemperatur erreicht, dass praktisch keine Fügstellen zwischen höherwertigeren Stählen und üblichen Materialien ausgeführt werden müssen. Die Zweiturbine kann, jedenfalls hinsichtlich ihrer Großkomponenten, in allen Bereich konstruktiv mit üblichen Materialien ausgelegt sein. Sie ist technisch, insbesondere hinsichtlich Material und Konstruktion, sicher und exakt auf übliche Dampfzustände ausgelegt und vermeidet jegliche Überdimensionierung.

[0014] Zur Anpassung von ggf. unterschiedlichen Drehzahlen der Erstturbine und der Zweiturbine ist der Erstturbine ein mit der ersten Welle verbundenes Getriebe nachgeschaltet, bzw. der Zweiturbine ein mit der zweiten Welle verbundenes Getriebe vorgeschaltet. Im Rahmen der Dampfturbinenanordnung verbindet das Getriebe die erste Welle mit der zweiten Welle.

[0015] Eine solche Dampfturbinenanordnung gemäß dem neuen Konzept ist ohne technisches Gefahrenpo-

tential und ohne technische Überdimensionierung selbst bei höchsten Dampfzuständen realisierbar. Dies wird gemäß der Erkenntnis der Erfindung dadurch erreicht, dass die höchsten Dampfzustände, d. h. insbesondere Dampf bei Temperaturen vollständig oberhalb oder bei einer ersten materialrelevanten Grenztemperatur von der Erstturbine "abgefangen" werden und danach nur niedrigere Dampfzustände, d. h. insbesondere nur Dampf bei Temperaturen vollständig unterhalb oder bei einer zweiten materialrelevanten Grenztemperatur, von der Zweiturbine aufgenommen werden.

[0016] Darüber hinaus erweist sich die thermische Flexibilität einer solchen Dampfturbinenanordnung im transienten Betrieb als besonders vorteilhaft. Denn die geringe Low-Cycle-Fatigue (LCF)-Festigkeit dickwandiger Bauteile aus höherwertigeren Werkstoffen ist bei üblichen Dampfturbinen, die neben den höherwertigeren Werkstoffen auch übliche Werkstoffe aufweisen, führend für die Transienten. Im Gegensatz zu üblichen Dampfturbinenanordnungen erweist sich die Dampfturbinenanordnung gemäß dem vorliegenden Konzept also nicht nur im stationären sondern auch im transienten Betrieb als sicher und bedarfsgerecht dimensioniert und flexibel. Dies wird auf überraschende Weise nicht trotz sondern gerade wegen einer exakten Aufteilung der höchsten Dampfzustände einerseits und der niedrigeren Dampfzustände andererseits auf die Erstturbine einerseits und die Zweiturbine andererseits erreicht.

[0017] Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind den weiteren Unteransprüchen zu entnehmen und geben im Einzelnen vorteilhafte Möglichkeiten an, die Erstturbine sowie die Zweiturbine und damit die Dampfturbinenanordnung im Rahmen des neuen Konzepts zu realisieren.

[0018] Bei der Erstturbine liegt die erste materialrelevante Grenztemperatur vorzugsweise in einem Bereich zwischen 500 °C und 630 °C. Bei einer solchen Erstturbine wird also eine Dampftemperatur bei Einleitung, Expansion und Ausleitung des Dampfes vollständig oberhalb einer Temperatur aus dem Bereich zwischen 500 °C und 630 °C gehalten. Insbesondere ist ein Bereich zwischen 500 °C und 600 °C vorgesehen. Als besonders geeignet haben sich hier 570 °C oder 580 °C erwiesen. Bei einer solchen Erstturbine können vorzugsweise alle Großkomponenten auf Basis von höherwertigeren Werkstoffen in Form von Superalloy-Werkstoffen ausgeführt werden. Dies sind vor allem Nickel-Basiswerkstoffe, Kobalt-Basiswerkstoffe oder ähnliche nicht eisenbasierte Stähle.

[0019] In diesem Fall kann beispielsweise die erste materialrelevante Grenztemperatur 590 °C bis 630 °C betragen, wobei die maximal zulässige Betriebstemperatur je nach Art und Zusammensetzung des Superalloy-Werkstoffes bei etwa 700 °C bis 760 °C liegt. Es ist aber auch möglich, die Erstturbine auf konventionelle Weise im Wesentlichen aus eisenbasierten Stählen (ggf. mit bis zu 12% Chromanteil) zu fertigen. Die erste materialrelevante Grenztemperatur liegt dann vorzugsweise in ei-

nem Bereich von 500 °C bis 570 °C, wobei die maximale Betriebstemperatur 630 °C nicht übersteigen sollte.

[0020] In einer besonders bevorzugten Weiterbildung weist die Erstatturbine einen Hochdruck-Expansionsabschnitt und einen Mitteldruck-Expansionsabschnitt auf, die in einer ersten Variante in getrennten Gehäusen untergebracht sein können. In einer zweiten Variante erweist sich hier eine kombinierte Hochdruck-Mitteldruck-Dampfturbine (HD/MD-DT) mit einem gemeinsamen Gehäuse für den Hoch- und Mitteldruckexpansionsabschnitt als ganz besonders vorteilhaft.

[0021] Hinsichtlich der Zweitturbine liegt die zweite materialrelevante Grenztemperatur vorzugsweise in einem Bereich zwischen 630 °C und 600 °C. Hier haben sich z. B. 600 °C oder 580 °C als besonders vorteilhaft erwiesen. Bei einer solchen Zweitturbine wird das Temperaturniveau bei der Einleitung, Expansion und Ausleitung des Dampfes also vollständig unterhalb einer Temperatur aus dem Bereich zwischen 630 °C und 600 °C gehalten. Bei einer solchen Zweitturbine können vorzugsweise alle Großkomponenten auf Basis von üblichen Stählen, insbesondere auf Basis von eisenbasierten Stählen, und hier besonders zweckmäßig auf Basis von 9-12%-Chrom-Stählen ausgeführt werden.

[0022] Gemäß einer besonders bevorzugten Weiterbildung ist die Zweitturbine in Form einer kombinierten Hochdruck/Mitteldruck-Dampfturbine (HD/MD-DT) ausgebildet.

[0023] Im Rahmen einer ganz besonders bevorzugten Dampfturbinenanordnung ist diese in Form eines Hochtemperatur-Mitteltemperatur-Niedertemperatur-Dampfturbinen-Stranges ausgeführt, wobei die Erstatturbine in Form einer kombinierten HD/MD-DT gebildet ist und die zweite Turbine in Form einer kombinierten HD/MD-DT gebildet ist, wobei eine erste Welle der Hochtemperatur-Dampfturbine und eine zweite Welle der Mitteltemperatur-Dampfturbine über ein Getriebe verbunden sind. In einer ganz besonders bevorzugten Weiterbildung ist die der Mitteltemperatur-Dampfturbine nachgeschaltete Niedertemperatur-Dampfturbine als Niederdruck-Dampfturbine (ND-DT) ausgeführt. In einer bevorzugten Ausführung für einen anderen Anwendungsfall (Gegendruckturbine) kann eine separate ND-DT entfallen oder mit verkürztem Expansionsabschnitt ausgeführt werden.

[0024] Die Erfindung führt weiter auf eine Dampfturbinenanlage mit einer Dampfturbinenanordnung der oben erläuterten Art und einer Dampfturbinenperipherie mit einer Anzahl von Leitungs- und/oder Sammelkomponenten zur Beaufschlagung mit Heißdampf.

[0025] Die Aufgabe hinsichtlich des Verfahrens wird durch die Erfindung mit einem Verfahren zum Betrieb einer Dampfturbinenanlage gelöst, bei dem erfindungsgemäß:

- eine Erstatturbine in Form einer Hochtemperatur-Dampfturbine mit Dampf bei Temperaturen vollständig oberhalb oder bei einer ersten materialrelevanten Grenztemperatur beaufschlagt wird;

- eine Zweitturbine in Form einer Mitteltemperatur-Dampfturbine mit Dampf bei Temperaturen vollständig unterhalb oder bei einer zweiten materialrelevanten Grenztemperatur beaufschlagt wird; und
- über ein Getriebe eine Drehzahl einer ersten Welle der Erstatturbine auf eine Drehzahl einer zweiten Welle der Zweitturbine übersetzt wird.

[0026] Mit dem hier genannten Verfahren gemäß dem neuen Konzept werden insbesondere die oben erläuterten Vorteile hinsichtlich des stationären als auch transienten Betriebs einer Dampfturbinenanlage erreicht.

[0027] Insbesondere ist gemäß einer besonders bevorzugten Weiterbildung die Drehzahl der ersten Welle höher als die Drehzahl der zweiten Welle. Eine auf diese Weise schneller laufende Erstatturbine kann also kompakter ausgeführt werden im Vergleich zu einer langsamer drehenden Zweitturbine. Die geringeren Bauteilabmessungen bei der Erstatturbine führen dabei vorteilhaft zu einer geringeren Menge von höherwertigeren Werkstoffen bei der Erstatturbine und damit zu einer besonders vorteilhaften Kosteneffizienz bei der Erstatturbine und der DT-Anlage.

[0028] Noch weitere vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind den weiteren Unteransprüchen zu entnehmen und im Detail in Form von Ausführungsbeispielen der Erfindung nachfolgend anhand der Zeichnung beschrieben. Diese soll die Ausführungsbeispiele nicht maßgeblich darstellen, vielmehr ist die Zeichnung, wo zur Erläuterung dienlich, in schematisierter und/oder leicht verzerrter Form ausgeführt. Im Hinblick auf Ergänzungen der aus der Zeichnung unmittelbar erkennbaren Lehren wird auf den einschlägigen Stand der Technik verwiesen.

[0029] Im Einzelnen zeigt die Zeichnung in:

FIG 1 eine erste bevorzugte Ausführungsform einer Dampfturbinenanordnung in Form eines Hochtemperatur-/Mitteltemperatur-/Niedertemperatur-Dampfturbinen-Strangs,

FIG 2 eine zweite Ausführungsform ähnlich der in FIG 1, bei der die Module einer kombinierten DT jeweils anders angeordnet sind;

FIG 3 ein Enthalpie/Entropie-Diagramm, das die Expansion des Dampfes in einer Dampfturbinenanordnung gemäß FIG 1 quantifiziert.

[0030] FIG 1 zeigt eine Hochtemperatur-/Mitteltemperatur-/Niedertemperatur-Dampfturbinen-Anordnung in Form eines Strangs als Teil einer Dampfturbinenanlage 10, die außerdem eine Dampfturbinenperipherie 3 mit einer Anzahl von Leitungs- und/oder Sammelkomponenten, z. B. einen Wärmetauscher 5, insbesondere in Form eines Überhitzers, Leitungen 7 oder Ventilen 9 oder sonstigen nicht dargestellten Kesseln oder Sammelkomponenten, zur Beaufschlagung mit Heißdampf aufweist. Die

Dampfparameter hinsichtlich Druck, Temperatur oder Massenstrom sind im Einzelnen an den Leitungen 7 angegeben.

[0031] Die vorliegende Ausführungsform einer Dampfturbinenanordnung 1 weist eine Erstatturbine 11 in Form einer Hochtemperaturdampfturbine, eine Zweitturbine 12 in Form einer Mitteltemperaturdampfturbine und eine dritte Dampfturbine 13 in Form einer Niedertemperaturdampfturbine auf. Der Strang ist also in Form einer Hochtemperatur-/ Mitteltemperatur-/ Niedertemperatur-Dampfturbinen-gebildet.

[0032] Sowohl die Hochtemperatur-Dampfturbine als auch die Mitteltemperatur-Dampfturbine ist in Form einer kombinierten Hochdruck-/Mitteldruck-Dampfturbine (HD/MD-DT) ausgeführt, und eine erste Welle der Hochtemperatur-Dampfturbine und eine zweite Welle der Mitteltemperatur-Dampfturbine sind über ein Getriebe verbunden. Gemäß dem Konzept der Erfindung ist die Hochtemperaturdampfturbine jedoch zur Beaufschlagung mit Dampf bei Temperaturen vollständig oberhalb oder bei einer ersten materialrelevanten Grenztemperatur gebildet, während die Mitteltemperatur-Dampfturbine zur Beaufschlagung mit Dampf bei Temperaturen vollständig unterhalb oder bei einer zweiten materialrelevanten Grenztemperatur gebildet ist. Im Einzelnen stellt sich dies wie folgt dar:

[0033] Ein Getriebe 15 verbindet die erste Welle 17 der Erstatturbine 11 mit der zweiten Welle 19 der Zweitturbine 12. Die erste Welle 17 und die zweite Welle 19 sind jeweils über eine Kupplung 18 an das Getriebe 15 gekoppelt. Der Erstatturbine 11 ist also das mit der ersten Welle 17 verbundene Getriebe 15 nachgeschaltet. Der Zweitturbine ist das mit der zweiten Welle 19 verbundene Getriebe 19 vorgeschaltet. Dagegen weisen die Zweitturbine 12 und die dritte Dampfturbine 13 eine gemeinsame Welle 16, 19 auf. Damit ist gemeint, dass die Zweitturbine 12 und die dritte Dampfturbine 13 durch mechanische Verbindung auf gleicher Drehzahl betrieben werden.

[0034] Die Erstatturbine 11 ist bei dieser Ausführungsform als kombinierte Hochdruck/Mitteldruck-Dampfturbine (HD/MD-DT) zur Beaufschlagung mit Dampf bei Temperaturen vollständig oberhalb oder bei einer ersten materialrelevanten Grenztemperatur gebildet. Das Hochdruckmodul ist mit HP1 bezeichnet. Das Mitteldruckmodul ist mit IP1 bezeichnet.

[0035] Die Zweitturbine ist bei der vorliegenden Ausführungsform ebenfalls in Form einer kombinierten HD/MD-DT, aber zur Beaufschlagung mit Dampf bei Temperaturen vollständig unterhalb oder bei einer zweiten materialrelevanten Grenztemperatur gebildet. Das HD-Modul ist mit HP2 bezeichnet. Das MD-Modul ist mit IP2 bezeichnet.

[0036] Die Module der dritten (Niederdruck-)Dampfturbine 13 sind mit LP bezeichnet.

[0037] Gemäß dem neuen Konzept ist bei dieser Ausführungsform einer Dampfturbinenanlage 10 der FIG 1 die Erstatturbine 11 zur Beaufschlagung mit Dampf bei

Temperaturen vollständig oberhalb oder bei einer ersten materialrelevanten Grenztemperatur in einem Bereich zwischen 550 °C und 600 °C - nämlich vorliegend 580 °C - ausgelegt.

[0038] Insbesondere weist die Erstatturbine 11 einen Dampfengang zur Einleitung von Dampf bei einer Eingangstemperatur oberhalb eines Wertes aus dem Bereich von 680 °C bis 700 °C - vorliegend nämlich 700 °C und einen Dampfausgang zur Ausleitung von Dampf bei einer Ausgangstemperatur unterhalb eines Wertes aus dem Bereich von 630 °C bis 600 °C - nämlich vorliegend 570 °C - auf.

[0039] Konkret wird das HD-Modul HP1 mit Dampf bei 700 °C am Eingang beaufschlagt, der im Verlaufe der Expansion abkühlt und bei einer Temperatur von 570 °C am Ausgang des HD-Moduls HP1 ausgeleitet wird. Dabei sinkt ein üblicherweise hoher Druck über 300 bar auf einen Wert oberhalb von 150 bar. Vorliegend sinkt der Druck von 350 bar am Eingang auf einen Druck von 180 bar am Ausgang. Im Mitteldruckteil IP1 erfolgt die Einleitung von Dampf am Dampfengang bei einer Eingangstemperatur von 720 °C, wobei sich der Dampf im Verlauf der Expansion abkühlt, so dass an einem Dampfausgang bei der Ausleitung des Dampfes eine Ausgangstemperatur bei 580 °C vorliegt. Ein eingangsseitiger Druck von 60 bar erniedrigt sich dabei auf einen ausgangsseitigen Druck von 32 bar.

[0040] Der aus dem HP1-Modul ausgeleitete Dampf wird in das HP2-Modul der Zweitturbine 12 eingeleitet und nach Durchlaufen des HP2-Moduls der Zweitturbine 12 und eines Überhitzers 5 in der eben erläuterten Weise dem IP1-Modul der Erstatturbine zugeführt. Der aus dem IP1-Modul ausgeleitete Dampf wird dem IP2-Modul der Zweitturbine 12 zugeführt.

[0041] Gemäß dem neuen Konzept weist also die Zweitturbine 12 einen Dampfengang zur Einleitung von Dampf bei einer Eingangstemperatur oberhalb eines Wertes aus dem Bereich von 550 °C bis 630 °C auf und einen Dampfausgang zur Ausleitung von Dampf bei einer Ausgangstemperatur unterhalb eines Wertes aus dem Bereich von 430 °C bis 410 °C auf. Vorliegend beträgt die eingangsseitige Dampftemperatur des HP2-Moduls 570 °C und die eingangsseitige Dampftemperatur des IP2-Moduls 580 °C. Die ausgangsseitige Dampftemperatur des HP2-Moduls beträgt 410 °C und die ausgangsseitige Dampftemperatur des IP2-Moduls 320 °C. Im HP2-Modul expandiert der Dampf in der Regel von einem Druck oberhalb von 150 bar auf einen Druck oberhalb von 50 bar, nämlich vorliegend von 180 bar auf 64 bar. Im IP2-Modul expandiert der Dampf von einem Druck oberhalb von 20 bar bis auf einen Druck oberhalb von 3 bar, nämlich vorliegend von 32 bar auf 5 bar.

[0042] Bei einem Druck von 5 bar und einer Temperatur von 320 °C wird der Dampf also aus dem IP2-Modul der Zweitturbine 12 ausgeleitet und der Niederdruckturbine 13 zugeführt. Eine solche Niederdruckdampfturbine 13 ist in der Regel zur Beaufschlagung mit Dampf bei einer Temperatur vollständig unterhalb von 450 °C aus-

gelegt. Die Ausleitung des Dampfes aus der Niederdruckturbine erfolgt in der Regel bei einem Druck unterhalb von 1 bar.

[0043] FIG 2 zeigt eine zweite bevorzugte Ausführungsform einer Dampfturbinenanlage 20 mit einer Dampfturbinenanordnung 2 und einer Dampfturbinenperipherie 4 zur Beaufschlagung mit Heißdampf, die sich von der Dampfturbinenanlage 10 gemäß der ersten Ausführungsform der FIG 1 lediglich durch die Anordnung der HD/MD/ND-Module zueinander und den maßgeblichen Druck- und Temperaturparametern unterscheidet. Im Übrigen liegen diese Parameter bei der zweiten Ausführungsform der Dampfturbinenanlage 20 aber in den im Zusammenhang mit der FIG 1 erläuterten Grenzen. Die in FIG 2 verwendeten Bezugszeichen sind deshalb für funktionsgleiche Bauteile mit denen der FIG 1 identisch, wobei die Erstturbine 11' wieder als Hochtemperatur-Dampfturbine in Form einer kombinierten HD/MD-DT gebildet ist und die Zweitturbine 12' als Mitteltemperatur-Dampfturbine in Form einer kombinierten HD/MD-DT gebildet ist. Die Erstturbine 11' ist zur Beaufschlagung mit Dampf bei Temperaturen vollständig oberhalb oder bei einer materialrelevanten Grenztemperatur ausgelegt und die Zweitturbine 12' ist zur Beaufschlagung mit Dampf bei Temperaturen vollständig unterhalb oder bei einer zweiten materialrelevanten Grenztemperatur gebildet. Die erste materialrelevante Grenztemperatur liegt dabei in einem Bereich zwischen 550 °C und 600 °C, nämlich vorliegend bei 580 °C. Die zweite materialrelevante Grenztemperatur liegt dabei in einem Bereich zwischen 630 °C und 600 °C, nämlich vorliegend bei 600 °C.

[0044] Der Heißdampf wird im HP1-Modul an einem Dampfeingang bei 700 °C und 375 bar eingeleitet und expandiert dann auf einen Druck von 185 bar und 580 °C am Dampfausgang. In dieser Form wird er an einem Dampfeingang des HP2-Moduls eingeleitet und expandiert dort. Nach einem Überhitzer 5 wird der Dampf an einem Dampfeingang bei 65 bar und 720 °C in das IP1-Modul der Erstturbine 11' eingeleitet und expandiert dort auf einen Druck von 22 bar bei 600 °C. In dieser Form wird er dem IP2-Modul der Zweitturbine 12' zugeleitet und expandiert dort auf 9 bar und 420 °C. In dieser Form wird er beiden Modulen LP der Niederdruckturbine 13' zugeleitet und expandiert dort auf einen Druck von 50 mbar bei einer Restfeuchte von 7,1%.

[0045] Während sich das neue Konzept als besonders nützlich für die Anwendung betreffend Dampfturbinen gezeigt hat und während das neue Konzept im Detail auch anhand von Ausführungsbeispielen aus dem Dampfturbinenbereich beschrieben ist, sollte dennoch klar sein, dass das hier verwirklichte und beschriebene Konzept, wie beansprucht, ebenfalls möglich im Rahmen anderer Anwendungen ist, die außerhalb des reinen Dampfturbinenbereichs liegen. Beispielsweise könnte das vorgestellte Konzept ebenso Anwendung finden für Gas- und Dampfturbinenanlagen (GuD-Anlagen), was insbesondere in Bezug auf FIG 3 erläutert ist. Auch hier

bietet das vorgestellte Konzept die oben im Rahmen von Dampfturbinen erläuterten Vorteile.

[0046] FIG 3 zeigt die in Zusammenhang mit FIG 1 erläuterten Dampfparameter in einem Diagramm, bei dem die Enthalpie in kJ/kg über die Entropie in kJ/(kg·K) im Verlauf "D" gezeigt ist. Entsprechende Dampfzustände von GuD-Anwendungen sind im Verlauf "GuD" gezeigt. Dabei zeigt sich, dass die Expansionsaufgabe D eines Dampfturbosatzes mit Dampfzuständen von 350 bar/700 °C und 60 bar/720 °C nahe der Expansionsaufgabe GuD von GuD-Anwendungen liegt. Die entsprechenden Werte bei GuD-Anwendungen liegen heute bei 150 bar/565 °C und 28 bar/565 °C. Es ist absehbar, dass das Temperaturniveau bei GuD-Anwendungen auf 600 °C angehoben wird, was die Expansionsaufgabe GuD einer GuD-Anwendung noch näher an die Expansionsaufgabe D eines Dampfturbosatzes heranrückt. Aus FIG 3 wird somit klar, dass bei der Expansionsaufgabe von Dampfturbosätzen (D) und GuD-Anwendungen (GuD) die Enthalpiedifferenz ΔH für den D-Verlauf nahezu doppelt so groß ist, wie die Enthalpiedifferenz ΔH_{GuD} für den GuD-Verlauf ist. D. h. diese Anordnung bietet die Möglichkeit, als Zweitturbine 12, 12' eine konventionelle Turbine, wie sie für GuD-Anwendungen zum Einsatz kommt, zu verwenden.

[0047] Zur Erreichung höherer Wirkungsgrade werden Dampfturbinen bei immer höheren Dampftemperaturen betrieben. Dampfturbinen-Großkomponenten, die einer Betriebstemperatur oberhalb einer materialrelevanten Grenztemperatur, die insbesondere übliche Stähle betrifft, ausgesetzt sind, müssen aus besonders hochwertigen Werkstoffen ausgeführt werden. Die Verwendung immer höherwertigerer Werkstoffe führt zwangsläufig zu Schweißnähten zwischen einem hochwertigeren Werkstoff und einem üblichen Werkstoff, z. B. Stahl. Aus konstruktiven Gründen müssen üblicherweise auch unterhalb der materialrelevanten Grenztemperatur beaufschlagte Turbinenbereiche aus hochwertigen Werkstoffen ausgeführt werden. Um eine Dampfturbinenanordnung 1, 2 dennoch bei höchsten Dampfzuständen kostengünstig, technisch nicht überdimensioniert und technisch sicher betreiben zu können, ist eine Erstturbine 11, 11' in Form einer Hochtemperaturdampfturbine zur Beaufschlagung mit Dampf bei Temperaturen vollständig oberhalb oder bei einer ersten materialrelevanten Grenztemperatur ausgelegt, und eine Zweitturbine 12, 12' in Form einer Mitteltemperaturdampfturbine zur Beaufschlagung mit Dampf bei Temperaturen vollständig unterhalb oder bei einer zweiten materialrelevanten Grenztemperatur ausgelegt, wobei zwischen den Turbinen 11, 11' 12, 12' ein Getriebe 15 geschaltet ist.

Patentansprüche

1. Dampfturbine mit einer ersten Welle(17) zur Anordnung als Erstturbine (11, 11') in einer Dampfturbinen-Anordnung (1, 2),

- dadurch gekennzeichnet, dass**
 die Erstatturbine (11, 11') in Form einer Hochtemperatur-Dampfturbine zur Beaufschlagung mit Dampf bei Temperaturen vollständig oberhalb oder bei einer ersten materialrelevanten Grenztemperatur ausgelegt ist, und
 der ein mit der ersten Welle (17) verbundenes Getriebe (15) nachgeschaltet ist.
2. Dampfturbine nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
 die erste materialrelevante Grenztemperatur in einem Bereich zwischen 500 °C und 630 °C liegt, insbesondere in einem Bereich zwischen 550 °C und 600 °C, und besonders bevorzugt bei etwa 570 °C oder 580 °C.
3. Dampfturbine nach Anspruch 1 oder 2,
gekennzeichnet durch
 einen Dampfengang zur Einleitung von Dampf bei einer Eingangstemperatur oberhalb eines Wertes aus dem Bereich von 680 °C bis 700 °C, insbesondere bei 700 °C oder 720 °C, und
 einem Dampfausgang zur Ausleitung von Dampf bei einer Ausgangstemperatur unterhalb eines Wertes aus dem Bereich von 630 °C bis 600 °C, insbesondere bei 600 °C oder 580 °C oder 570 °C.
4. Dampfturbine nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet, dass
 dass die hochtemperatur-beanspruchten Großkomponenten, auf Basis von Superalloy-Werkstoffen ausgeführt sind.
5. Dampfturbine nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet, dass
 die hochtemperatur-beanspruchten Großkomponenten auf Basis von 9-12%-Cr-Stählen ausgeführt sind.
6. Dampfturbine nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet, dass
 die Erstatturbine (11, 11') einen Hochdruck-Expansionsabschnitt und einen Mitteldruck-Expansionsabschnitt aufweist.
7. Dampfturbine nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet, dass
 die Erstatturbine (11, 11') in Form einer kombinierten Hochdruck-/Mitteldruck-Dampfturbine gebildet ist.
8. Dampfturbine mit einer zweiten Welle (19) zur Anordnung als Zweiturbine (12, 12') in einer Dampfturbinen-Anordnung (1, 2),
dadurch gekennzeichnet, dass
 die Zweiturbine (12, 12') in Form einer Mitteltemperatur-Dampfturbine zur Beaufschlagung mit Dampf bei Temperaturen vollständig unterhalb oder bei einer zweiten materialrelevanten Grenztemperatur ausgelegt ist, und
 der ein mit der zweiten Welle (19) verbundenes Getriebe (15) vorgeschaltet ist.
9. Dampfturbine nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet, dass
 die zweite materialrelevante Grenztemperatur in einem Bereich zwischen 630 °C und 600 °C liegt, insbesondere bei 600 °C oder 580 °C.
10. Dampfturbine nach Anspruch 8 oder 9,
gekennzeichnet durch
 einen Dampfengang zur Einleitung von Dampf bei einer Eingangstemperatur unterhalb eines Wertes aus dem Bereich von 550 °C bis 630 °C, insbesondere bei 600 °C oder 580 °C oder bei 570 °C, und
 einem Dampfausgang zur Ausleitung von Dampf bei einer Ausgangstemperatur unterhalb eines Wertes aus dem Bereich von 430 °C bis 410 °C, insbesondere bei 410 °C oder 420 °C oder 320 °C.
11. Dampfturbine nach einem der Ansprüche 8 bis 10,
dadurch gekennzeichnet, dass
 die hochtemperatur-beanspruchten Großkomponenten auf Basis von 9-12%-Cr-Stählen ausgeführt sind.
12. Dampfturbine nach einem der Ansprüche 8 bis 11,
dadurch gekennzeichnet, dass
 die Zweiturbine (12, 12') in Form einer kombinierten Hochdruck-/Mitteldruck-Dampfturbine gebildet ist.
13. Dampfturbinen-Anordnung (1, 2) mit einer ersten Dampfturbine und mindestens einer weiteren, der ersten Dampfturbine nachgeordneten Dampfturbine,
dadurch gekennzeichnet, dass
 die erste Dampfturbine eine Hochtemperatur-Dampfturbine mit einer ersten Welle (17) zur Anordnung als Erstatturbine (11, 11') nach einem der Ansprüche 1 bis 7 ist, und
 eine zweite Dampfturbine eine Hochtemperatur-Dampfturbine mit einer zweiten Welle (19) zur Anordnung als Zweiturbine (12, 12') nach einem der Ansprüche 8 bis 12 ist, und
 das Getriebe (15) die erste Welle (17) und die zweite Welle (19) verbindet.
14. Dampfturbinen-Anordnung (1, 2) nach Anspruch 13,
dadurch gekennzeichnet, dass
 die Zweiturbine (12, 12') für eine niedrigere Drehzahl als die Erstatturbine (11, 11') ausgelegt ist.
15. Dampfturbinen-Anordnung (1, 2) nach Anspruch 13 oder 14,
dadurch gekennzeichnet, dass
 eine dritte Dampfturbine in Form einer Niedertem-

peraturDampfturbine (13, 13') zur Beaufschlagung mit Dampf bei einer Temperatur vollständig unterhalb von 450 °C gebildet ist.

sten Welle (17) der Erstatturbine (11, 11') auf eine Drehzahl einer zweiten Welle (19) der Zweitturbine (12, 12') übersetzt wird.

16. Dampfturbinen-Anordnung (1, 2) nach einem der Ansprüche 13 bis 15, 5
dadurch gekennzeichnet, dass
 eine dritte Dampfturbine in Form einer Niederdruck-Dampfturbine gebildet ist. 10
17. Dampfturbinen-Anordnung (1, 2) nach einem der Ansprüche 13 bis 16, 10
dadurch gekennzeichnet, dass
 die dritte Dampfturbine einer mit der Welle (19) der zweiten Dampfturbine gemeinsame Welle (19) aufweist. 15
18. Dampfturbinen-Anordnung (1, 2) in Form eines Hochtemperatur-/ Mitteltemperatur-/ Niedertemperatur-Dampfturbinen-Anordnung, bei der 20
 - die Hochtemperatur-Dampfturbine in Form einer kombinierten Hochdruck-/Mitteldruck-Dampfturbine zur Beaufschlagung mit Dampf bei Temperaturen vollständig oberhalb oder bei einer ersten materialrelevanten Grenztemperatur gebildet ist, und 25
 - die Mitteltemperatur-Dampfturbine in Form einer kombinierten Hochdruck-/Mitteldruck-Dampfturbine zur Beaufschlagung mit Dampf bei Temperaturen vollständig unterhalb oder bei einer zweiten materialrelevanten Grenztemperatur gebildet ist, und wobei 30
 - eine erste Welle (17) der Hochtemperatur-Dampfturbine und eine zweite Welle (19) der Mitteltemperatur-Dampfturbine über ein Getriebe (15) verbunden sind. 35
19. Dampfturbinen-Anlage (10, 20) mit einer Dampfturbinen-Anordnung (1, 2) nach einem der Ansprüche 13 bis 18 und einer Dampfturbinen-Peripherie (3, 4) mit einer Anzahl von Leitungs- und/oder Sammelkomponenten zur Beaufschlagung mit Heißdampf. 40
20. Verfahren zum Betrieb einer Dampfturbinen-Anlage (10, 20), bei dem 45
 - eine Erstatturbine (11, 11') in Form einer Hochtemperatur-Dampfturbine mit Dampf bei Temperaturen vollständig oberhalb oder bei einer ersten materialrelevanten Grenztemperatur beaufschlagt wird; 50
 - eine Zweitturbine (12, 12') in Form einer Mitteltemperatur-Dampfturbine mit Dampf bei Temperaturen vollständig unterhalb oder bei einer zweiten materialrelevanten Grenztemperatur beaufschlagt wird; und 55
 - über ein Getriebe (15) eine Drehzahl einer er-

FIG 1

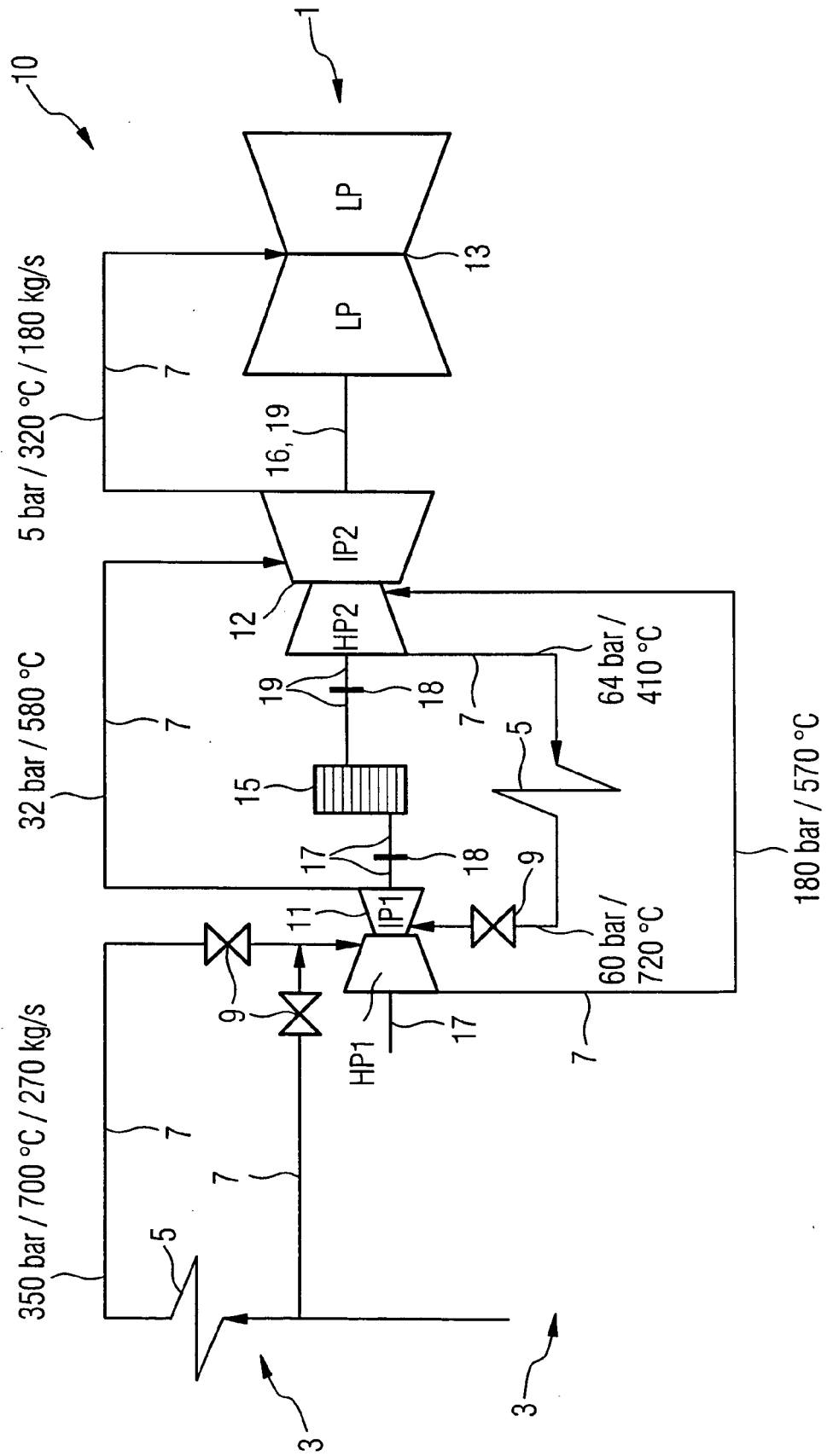


FIG 2

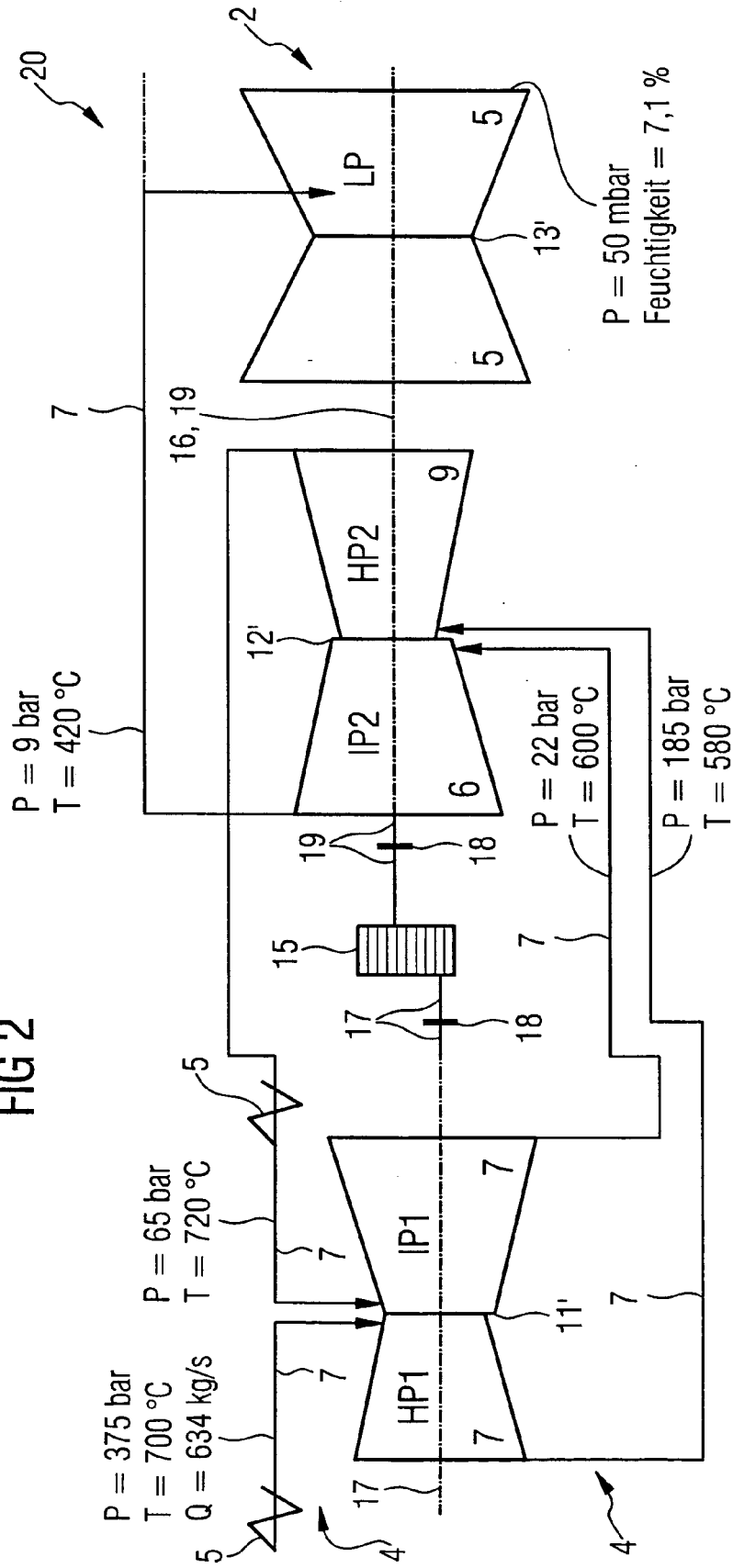
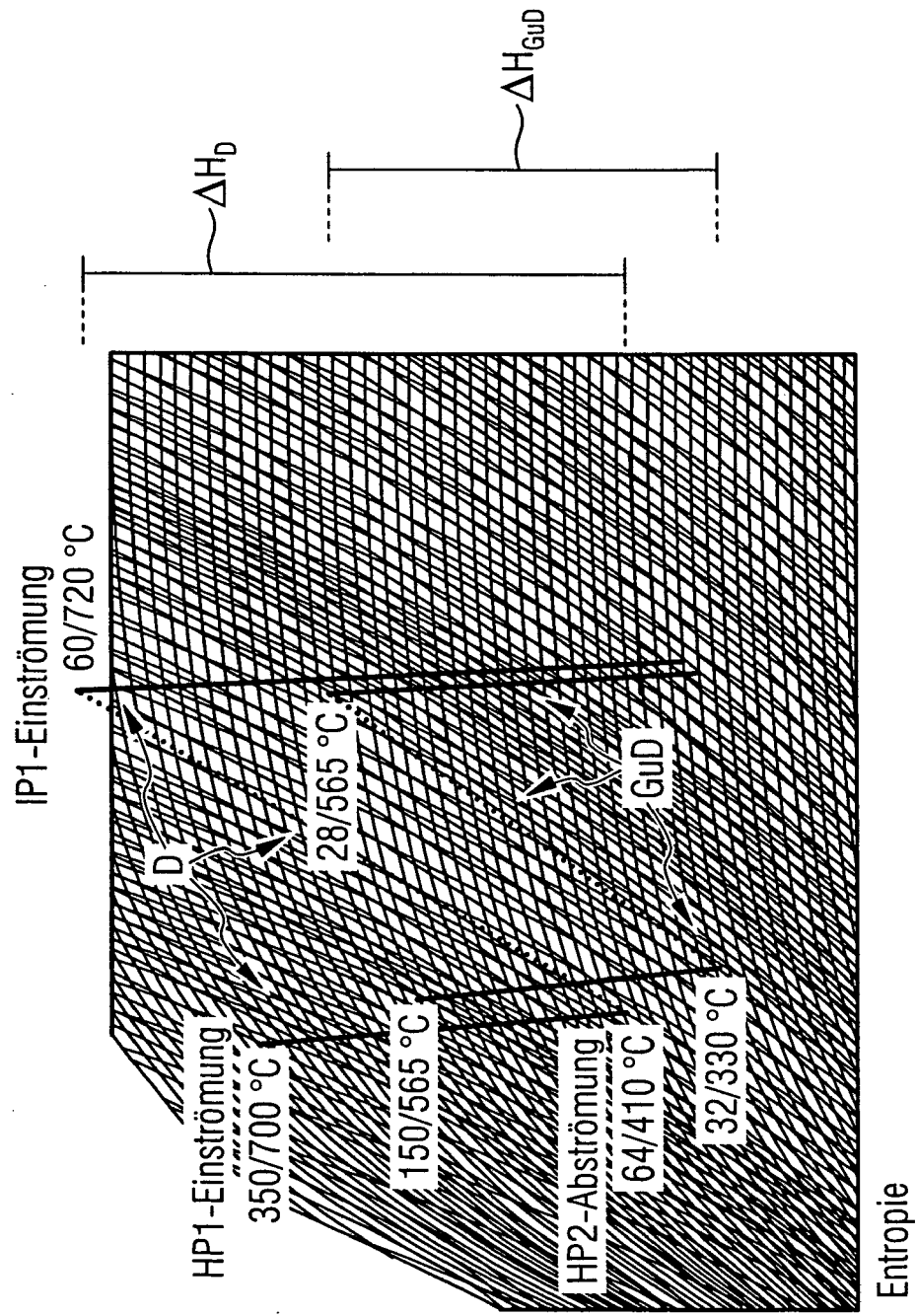


FIG 3





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 05 01 5347

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	GB 575 812 A (AKTIENGESELLSCHAFT BROWN, BOVERI & CIE) 6. März 1946 (1946-03-06) * Seite 1, Zeile 69 - Seite 2, Zeile 9; Abbildungen *	1,8,13, 14,16, 18-20	F01K7/22 F01K7/16
X	GB 210 861 A (THE ENGLISH ELECTRIC COMPANY LIMITED; MAX KOENIG) 7. Februar 1924 (1924-02-07) * Seite 3, Zeile 37 - Zeile 124; Abbildung 1 *	1,8,13, 14,16, 18-20	
X	GB 196 913 A (AKTIENGESELLSCHAFT BROWN, BOVERI & CIE) 16. Juli 1924 (1924-07-16) * Seite 2, Zeile 43 - Zeile 51; Anspruch 3 *	1,8,13, 14,18,20	
X	GB 197 654 A (AKTIENGESELLSCHAFT BROWN, BOVERI & CIE) 3. Juli 1924 (1924-07-03) * Seite 1, Zeile 58 - Zeile 66 * * Seite 2, Zeile 53 - Zeile 58 *	1,8,13, 14,18,20	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F01K
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 17. Januar 2006	Prüfer Zerf, G
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	

3
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 05 01 5347

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente 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.

17-01-2006

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
GB 575812	A	06-03-1946	KEINE		
GB 210861	A	07-02-1924	KEINE		
GB 196913	A	16-07-1924	CH	102365 A	01-12-1923
			FR	565109 A	19-01-1924
GB 197654	A	03-07-1924	KEINE		

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 19843441 A1 [0003]