

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: **A 739/2006**  
(22) Anmeldetag: **24.04.2006**  
(43) Veröffentlicht am: **15.11.2007**

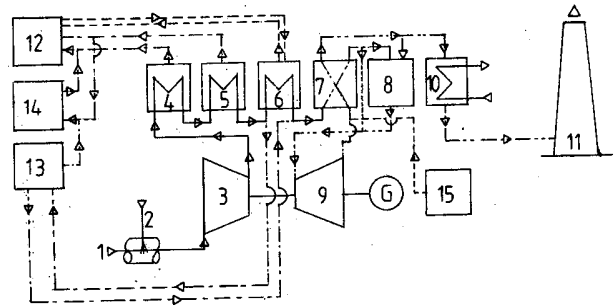
(51) Int. Cl.<sup>8</sup>: **F01K 25/06 (2006.01),  
F01K 17/06 (2006.01),  
F02C 7/143 (2006.01)**

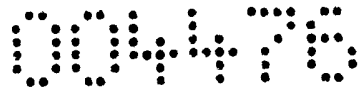
(73) Patentanmelder:

**FALKINGER WALTER ING.  
A-4030 LINZ (AT)**

(54) **NUTZUNGSGRADSTEIGERUNG DURCH FEUCHTE GASSTRÖME BEI GASTURBINEN**

(57) Verfahren zur kombinierten Erzeugung elektrischer Energie, reinem Wasserdampf und Heizwärme mit hohem Nutzungsgrad durch Kompression von feuchten wannen Gas- oder Luftströmen, wobei der komprimierte Gasstrom durch Abgabe der sensiblen Wärme und Kondensationswärme zur reinen Wasserdampferzeugung genutzt wird, welcher im Produktionsprozess wieder einsetzbar ist und der teilentfeuchtete Gasstrom entweder noch für die Heizwärmegewinnung bis 100° C genutzt werden kann, der Gasstrom durch das heiße drucklose Abgas aus der Turbine, oder einer separaten Gasturbine mit einfachem Prozess oder externer Abwärmequellen vorerwärmt wird mit der Weitererhitzung in einer Brennkammer auf Turbineneintrittstemperatur mit Nutzleistungsgewinnung, wobei durch die Wahl des Verdichtungsdruckes die Anteile von Strom, Wasserdampf und Heizwärme mit dem beabsichtigten Restfeuchtigkeitsgehalt in der Entspannungsturbine variabel gestaltet werden können.



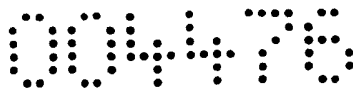


## Zusammenfassung:

Verfahren zur kombinierten Erzeugung elektrischer Energie, reinem Wasserdampf und Heizwärme mit hohem Nutzungsgrad durch Kompression von feuchten warmen Gas- oder Luftströmen, wobei der komprimierte Gasstrom durch Abgabe der sensiblen Wärme und Kondensationswärme zur reinen Wasserdampferzeugung genutzt wird, welcher im Produktionsprozess wieder einsetzbar ist und der teilentfeuchtete Gasstrom entweder noch für die Heizwärmegewinnung bis 100° C genutzt werden kann, der Gasstrom durch das heiße drucklose Abgas aus der Turbine, oder einer separaten Gasturbine mit einfachem Prozess oder externer Abwärmequellen vorerwärmt wird mit der Weitererhitzung in einer Brennkammer auf Turbineneintrittstemperatur mit Nutzleistungsgewinnung, wobei durch die Wahl des Verdichtungsdruckes die Anteile von Strom, Wasserdampf und Heizwärme mit dem beabsichtigten Restfeuchtigkeitsgehalt in der Entspannungsturbine variabel gestaltet werden können.

Linz, 23. April 2006

Ing. Walter Falkinger  
Afritschweg 14  
A - 4030 L I N Z / Austria  
Tel.: 0043 / 732 / 30 03 94



## Patentbeschreibung:

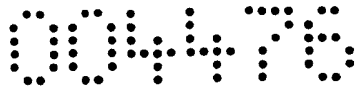
### Nutzungsgradsteigerung durch feuchte Gasströme bei Gasturbinen

Das Verfahren ist geeignet aus feuchter Abluft oder wasserdampfhaltigen Gasen Wasserdampf, elektrische Energie und Heizwärme zu gewinnen, wo durch Kompression dieses Gemisches je nach Kompressionsdruck und Wasserdampfgehalt des Wasserdampf / Gasgemisches sich die Sättigungstemperatur in den Bereich über  $100^{\circ}\text{C}$  verschiebt und sich Nutzungsgrade von etwa 150 bis auch über 200 % gemessen am unteren Heizwert des eingesetzten Primärenergieträger ergeben. Es liegt aber kein Perpetuum Mobile vor, da die Energieausbeute über 100 % in Form von Wasserdampf in der Ansaugluft vorliegt, welcher im Verfahrensablauf kondensiert wird und so zur zusätzlichen Wärmegewinnung beiträgt. Bisher konnte kein vergleichbares Verfahren in der Patentliteratur gefunden werden, obwohl es sich um bekannte Einzelverfahrensschritte handelt, etwa vergleichbar einer Formel für einen neuen Werk - oder Wirkstoff, der auch nur die bekannten Grundelemente aber in einer einzigartigen Anordnung enthält und dadurch ein Neuigkeitswert vorliegt.

Bei herkömmlichen Verfahren zur Nutzung der Kondensationswärme von feuchter Luft und dergleichen wurde das Gas auf Umgebungsdruck abgekühlt, wobei der Wasserdampf mit der nutzbaren Kondensationswärme in einem Temperaturbereich von etwa  $55 - 60^{\circ}\text{C}$  je nach Sättigungstemperatur anfällt, dies für eine weitere technische Nutzung oder Wiedereinbindung in den Produktionsprozess nur in einem sehr beschränkten Ausmaß möglich ist, da die nötigen Prozesstemperaturen zumeist über  $100^{\circ}\text{C}$  liegen. Der Prozess ist in Teilschritten nicht unähnlich einem Wärmepumpenprozess in Verbindung mit einem Gasturbinenprozess, wo eine Verdichtung eines Dampfes erfolgt, dieser kondensiert wird mit Wärmeabgabe und der Expansion.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zu beschreiben, wobei die anfallende Kondensationswärme wieder auf einem Temperatur - und Druckniveau anfällt, bei welchem die vollständige Wiedereinbindung in einen Produktionsprozess möglich ist, wobei vor allem an Prozesse mit einem großen Anfall an feuchten Gasmassen gedacht ist, wie jenen der Papier - und Zellstoffindustrie aber auch chemischen und Stahlindustrie und auch Verbrennungsprozessen mit sehr feuchtem Festbrennstoffeinsatz, wie zum Beispiel Hackgutheizungen und andere Verbrennungsprozesse, wo Wasserdampf im Abgas anfällt.

Die Erfindung löst die Aufgabe dadurch (siehe Fließschema Fig. 1), dass der feuchte warme Gasstrom (1), in vielen Fällen ist eine Wassereindüsung (2) wegen hoher Temperaturen bis zur Erreichung der Sättigungstemperatur erforderlich, vom Verdichter (3) angesaugt und auf einen dem Bedarf von Wärme bzw. Wasserdampf mit bestimmter

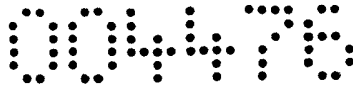


Temperatur und Druck, sowie elektrischer Energie in einem dem Produktionsprozess abgestimmten Druck komprimiert wird. Der Kompressionsdruck ist an und für sich frei wählbar, da das Verfahren bei jedem technisch herstellbarem Druck funktioniert, es hat sich aber bei der Bearbeitung von solchen Aufgabenstellungen mit Feuchtigkeitsgehalten bei etwa 10 bis 15 % Drücke von ca. 7 bis 10 bar abs. als vorteilhaft herausgestellt, dies bei anderen Feuchtigkeitsgehalten je nach Verwendungszweck der anfallenden Wärme auch andere Drücke von Vorteil sind. Die Sättigungstemperatur verlagert sich je nach Verdichtungsdruck in den Bereich über 100° C.

In einer ersten Fraktion erfolgt die Wasserdampfgewinnung mittels sensibler Abkühlung im ersten Wärmetauscher (4) auf einem festlegbaren Druckniveau von etwa 3 bis 10 bar. Bei weiterer Abkühlung erfolgt in der 2. Fraktion die Wasserdampfgewinnung auf Umgebungsdruckniveau (100° C) in Wärmetauscher (5), wo die im komprimierten feuchten Gasstrom enthaltene Feuchtigkeit bis zu einem bestimmten Wert auskondensiert (ca. 6 % bei 10 bar bis 10 % bei ca. 7 bar), dies heißt, die Feuchtigkeitsmenge in der Abluft welche über diesen Werten liegt, kann für die Reindampfgewinnung auf 1 bar abs. genutzt werden. Die noch im Gasstrom verbleibende Restfeuchtigkeit kann entweder zur Erhöhung des elektrischen Anteiles genutzt werden, oder auch für Heizwärmegewinnung bis zu 100° C für Vorerwärmung von Stoffflüssen oder Fernwärme in Wärmetauscher (6) mit Tröpfchenabscheider benutzt werden. Die gewonnenen Dampfströme bzw. Heizwärmeströme werden zu den Verbrauchern (12) geführt, oder bei zuwenig Wärmeverbrauch in einer entsprechenden Dampfturbine und Nutzleistungsgewinnung abgearbeitet.

Eine weitere Möglichkeit zur Nutzung dieser Restfeuchtigkeit liegt darin mit einer Wärmepumpe (13) mit einem auf die auftretende Temperaturen abgestimmtes Wärmeträgermedium bis zu einer bestimmten Temperatur (z.B. 60° C) diesen Bereich auf etwas über 100° C anzuheben mit der Erzeugung von Wasserdampf auf 1 bar abs. Niveau und mit dem anderen Anteil aus der Kondensation für die Wiederverwendung im Prozess auf höherem Druckniveau mittels Kompressor (14) zu komprimieren. Ich möchte hier auch erwähnen, dass bei der Kompression des Wasserdampfes wie auch bei Luft durch Eindüsung einer abgestimmten Wassermenge in den Wasserdampf am Kompressoreintritt eine isothermenähnliche Kompression mit geringem Kompressionsleistungsaufwand erzeugt werden kann, wo am Ausgang der Kompression de facto ein Nassdampf vorliegt und am Ende ein Sattdampf mit bestimmten Druck, wo durch die Bindung der Kompressionswärme der fein zerstäubte Flüssigwasseranteil verdampft mit geringem Kompressionsleistungsbedarf.

Der auf ca. 50° C (Rücklauftemperatur des Heizmediums) abgekühlte Gasstrom enthält nur mehr etwa 1 % Feuchtigkeit und wird mittels Rekuperator (7) mit den heißen drucklosen Turbinenabgasstrom auf das Niveau des Turbinenaustrittes (abzüglich erforderlicher Temperaturdifferenz) vorerhitzt und durch Brennstoffzufuhr in einer Brennkammer (8) auf die Turbineneintrittstemperatur (je nach hochhitzebeständigen



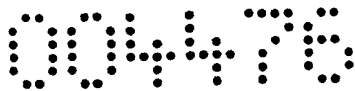
Werkstoffen) gebracht und unter Nutzleistungsgewinnung in der Turbine (9) für den Kompressorantrieb und dem Generator zur Stromerzeugung entspannt. Nach dem Rekuperator kann der abgekühlte drucklose Gasstrom die Kondensationswärme für einen Wärmetauscher (10) z. B. ORC - Prozess genutzt werden und wird über den Kamin (11) in die Umgebung gebleitet. Es ergeben sich abweichende Baugrößen von Turbine und Kompressor gegenüber einem rein luftgeführten Prozess durch die erhöhte Temperatur am Eintritt (und auch bei den Kompressorschaukeln) und zum Zweiten durch den Masseschwund durch die Auskondensierung der Wasserdampfmasse im Prozessverlauf ergibt und an der Turbine nicht mehr verfügbar ist. Es könnte insofern ein Schlupfloch geben, dass die Kondensation ab einem bestimmten Wert gestoppt wird und sich geringere Masse durch erhöhte Temperatur am Eintritt Kompressor und Masseschwund an der Turbine sich ausgleichen lassen, sodass Verhältnisse wie bei einem luftgeführten Prozess bestehen.

Mir erscheint diese Art der Auslegung als relativ kurzfristig realisierbar, ich möchte aber auch der Vollständigkeit halber erwähnen, dies erheblich bessere Stromausbeuten ermöglicht, wenn hier eine isothermenähnliche Kompression angestrebt wird in der Form, dass hier zusätzlich am Kompressoreintritt in die feuchte gesättigte Luft Wasser eingesdüst wird, das während der Kompression verdunstet und die Kompressionswärme bindet, dies erheblich geringeren Leistungsbedarf für die Kompression ergibt, jedoch der gesamte Dampfanfall auf 1 bar erfolgt und deren Bedarf an Strom für die Kompression auf ca. 6 bar trotzdem noch bessere Stromausbeuten gegenüber einer polytropen Kompression mit sich bringt. Aus Gründen der Ausfallsicherheit bei einem Papierbandriss, wo so gut wie keine Feuchtigkeit im Ansauggas zur Dampfproduktion zur Verfügung steht, müsste eine noch genauere Abwägung vorgenommen werden, oder dies auch möglich ist ein Stand - by Dampfkessel vorgesehen werden.

Es sei auch erwähnt, dass bei feuchten Gasströmen ohne Sauerstoff auch dieses Prinzip angewandt werden kann, mit Verdichtung, Wasserdampfgewinnung sensibel und durch Kondensation, wenn der abgekühlte Gasstrom indirekt über den Wärmetauscher / Rekuperator (7) erwärmt wird und dieses erhitzte Gas in einer Turbine entspannt wird. Je höher die Temperatur bei der Erwärmung, umso besser die Leistungsausbeute. Sollten keine heißen Abwärmequellen wie zum Beispiel der Abgasstrom aus einer einfachen Gasturbine (15) verfügbar sein, kann dieser Kompressor auch mit einem E - Motor angetrieben werden für diese Art der Dampferzeugung mit nachfolgender Entspannung ohne Wärmezufuhr, wobei hier aber Bedacht zu nehmen ist, dass noch genug Feuchtigkeit als "Wärmelieferant" für die Entspannung vorhanden ist, da ansonsten die Turbine vereisen könnte, da die Turbinenaustritts - bzw. Entspannungsendtemperatur je nach Druck und Ausgangstemperatur wesentlich unter 0° C zu liegen kommen kann.

Linz, 23. April 2006

Ing. Walter Falkinger, Afritschweg 14, A - 4030 L I N Z / Austria



## Näherungsweise Berechnung der Effizienz an Hand eines Beispiels:

Die nachstehende Berechnung sollte nur beispielhaft gesehen werden, da das Verfahren an und für sich für jeden technisch herstellbaren Druck Gültigkeit hat und es durch die Vielzahl von frei wählbaren Parametern wie Druck, Turbineneintrittstemperatur und Feuchtigkeitsgehalte des Gas - oder Luftstromes zu zwangsweise unterschiedlichen Ergebnissen hinsichtlich Wirkungs - und Nutzungsgrad kommt. Gewählt wurde Systemdruck 10 bar = Kompressionsenddruck, Feuchtigkeitsgehalt  $x_s = 160 \text{ g H}_2\text{O} / \text{kg Luft} = 14 \%$  absolut, Sättigungstemperatur ca.  $61^\circ \text{C}$ , Turbineneintrittstemperatur angenommen  $1000^\circ \text{C}$ , Enthalpiewerte für Kompression und Expansion aus Mollier  $h - s$  Diagrammen für Luft und Wasserdampf, Isentropenwirkungsgrad 0,85, Enthalpiewerte wurde angenommen ändern sich im Verhältnis des Anteiles von Luft und Wasserdampf, die effektiven Leistungen der Wärme - und mechanischen Leistungen ergeben sich durch Multiplikation mit dem Massestrom in  $\text{kg} / \text{sec}$ .

### Kompression:

$$\begin{aligned} 0,14 \times 2609 \text{ kJ} / \text{kg} + 0,86 \times 334 \text{ kJ} / \text{kg} &= 653 \text{ kJ} / \text{kg} \\ 0,14 \times 3175 \text{ kJ} / \text{kg} + 0,86 \times 711 \text{ kJ} / \text{kg} &= 1056 \text{ kJ} / \text{kg} \\ \text{Enthalpiedifferenz:} &= 403 \text{ kJ} / \text{kg} \end{aligned}$$

### Dampferzeugung auf 6 bar Niveau durch sensible Abkühlung:

$$\begin{aligned} 0,14 \times 3175 \text{ kJ} / \text{kg} + 0,86 \times 711 \text{ kJ} / \text{kg} &= 1056 \text{ kJ} / \text{kg} \\ 0,14 \times 2756 \text{ kJ} / \text{kg} + 0,86 \times 433 \text{ kJ} / \text{kg} &= 758 \text{ kJ} / \text{kg} \\ \text{Enthalpiedifferenz:} &= 298 \text{ kJ} / \text{kg} \end{aligned}$$

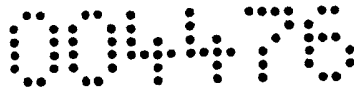
### Dampferzeugung auf 1 bar abs. Niveau durch überwiegend Kondensation:

$$\begin{aligned} 0,14 \times 2756 \text{ kJ} / \text{kg} + 0,86 \times 433 \text{ kJ} / \text{kg} &= 758 \text{ kJ} / \text{kg} \\ 0,06 \times 2676 \text{ kJ} / \text{kg} + 0,86 \times 373 \text{ kJ} / \text{kg} &= 481 \text{ kJ} / \text{kg} \\ \text{Enthalpiedifferenz:} &= 277 \text{ kJ} / \text{kg} \end{aligned}$$

### eventuelle Nutzung für Vorerwärmung / Heizwärme

$$\begin{aligned} 0,06 \times 2676 \text{ kJ} / \text{kg} + 0,86 \times 373 \text{ kJ} / \text{kg} &= 481 \text{ kJ} / \text{kg} \\ 0,01 \times 2592 \text{ kJ} / \text{kg} + 0,86 \times 323 \text{ kJ} / \text{kg} &= 303 \text{ kJ} / \text{kg} \\ \text{Enthalpiedifferenz:} &= 178 \text{ kJ} / \text{kg} \end{aligned}$$

Achtung: dieser Anteil kann vollständig oder teilweise im Gasstrom verbleiben, wodurch sich die elektrische Ausbeute und der Wirkungsgrad erhöht, oder auch einer Wärmepumpe als Wärmequelle zugeführt werden mit der Gewinnung von Dampf auf 1 - bar abs. Niveau und Weiterverdichtung mit dem 1 bar abs. Strom durch Kondensation des Hauptgasstromes.



Turbine: Durch Zufuhr eines Kohlenwasserstoffes als Brennstoff fällt Wasserdampf als Verbrennungsprodukt an, welcher mit ungefähr 3 % angegeben werden kann. Es wurde ferner unterstellt, dass sich durch die Verbrennung der Anteil Luft zu Wasserdampf in ähnlichem Maße verschiebt.

$$\begin{aligned} 0,04 \times 4600 \text{ kJ / kg} + 0,83 \times 1363 \text{ kJ / kg} &= 1315 \text{ kJ / kg} \\ 0,04 \times 3640 \text{ kJ / kg} + 0,83 \times 794 \text{ kJ / kg} &= 804 \text{ kJ / kg} \\ \text{Enthalpiedifferenz:} &= 511 \text{ kJ / kg} \end{aligned}$$

Wärmezufuhr: Im Wesentlichen identisch mit Turbinenleistung zuzüglich Differenztemperatur des Rekuperators. Ich möchte auch auf folgenden Umstand hinweisen, dass sich durch die unterschiedlichen spez. Wärmekapazitäten des Gasstromes vor der Brennkammer und durch die Wasserdampfzufuhr als Verbrennungsprodukt des Kohlenwasserstoffes nach der Brennkammer sich ein rechnerisch ermittelbarer Wärmeüberhang ergibt, welcher sowohl zur Nutzleistungsgewinnung in einer kleinen Expansionsturbine oder zur Dampferzeugung auf hohem Druckniveau verwendet werden kann, dies im gegenständlichen Fall mit ca. 40 kJ / kg therm. beziffert werden kann.

Nutzungsgrad der Anlage:

$$\begin{aligned} 298 \text{ kJ / kg} + 277 \text{ kJ / kg} + 178 \text{ kJ / kg} + 40 \text{ kJ / kg} + 511 \text{ kJ / kg} - 403 \text{ kJ / kg} &= \\ 901 \text{ kJ / kg} : 511 \text{ kJ / kg} &= 1,76 \end{aligned}$$

$$\text{elektrischer Wirkungsgrad: } 511 \text{ kJ / kg} - 403 \text{ kJ / kg} = 108 \text{ kJ / kg} : 511 \text{ kJ / kg} = 0,21$$

Sättigungswerte für Wasserdampf bei Luft unter Druck von 10 bar abs., gerechnet nach Formel in Dubbel 17. Auflage Seite D 23:  $x_s = \frac{RL \times p_{ws}}{R_{ws} \times (p - p_{ws})}$

50° C	0,0077 kg H <sub>2</sub> O / kg Luft
60° C	0,0126
70° C	0,020
80° C	0,031
90° C	0,047
100° C	0,069
105° C	0,085
110° C	0,104
115° C	0,127
120° C	0,154
125° C	0,188
130° C	0,230
135° C	0,284
140° C	0,352



Achtung: Werte  $x_s$  bezogen auf 1 kg Luft differieren etwas gegenüber Absolutwerten, da durch Gesamtmasse dividiert werden muss. Im gegenständlichen Fall ist eine Reindampferzeugung auf 1 bar von 14 % (ca. 120° C) auf ca. 6 % (ca. 100° C) durch Kondensation des Wasserdampfes im Luft / Wasserdampfgemisch möglich. Darunter Heizwärme bis 100° C durch weitere Kondensation auf Rücklaufemperatur des Heizmediums. Der Anteil Strom kann durch Verbleibenlassen von Wasserdampf im Gasstrom zum Teil deutlich erhöht werden, es sinkt allerdings der Nutzungsgrad. Eine besondere Steigerung des Wirkungsgrades gleich um ca. 8 bis 10 % absolut bei 10 bar abs. bringt eine Zwischenerhitzung des Gasstromes in der Turbine bei halbem Enthalpiegefälle.

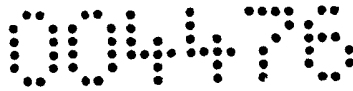
## Sättigungswerte für Wasserdampf bei Luft bei anderen Drücken

Beispiel: Systemdruck 4 bar, Temp. 70° C, Wasserdampfdruck bei 70° C 311,6 mbar

$$\frac{0,2872 \times 311,6}{0,4615 \times (4000 - 311,6)} = 0,053 \text{ kg / kg}$$

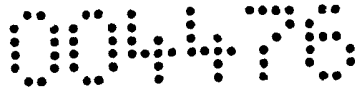
- RL ..... Gaskonstante für Luft (0,2872 kJ / kg . K)
- Rws..... Gaskonstante für Wasser (0,4615 kJ / kg . K)
- $x_s$  ..... Feuchtigkeitsgehalt in kg Wasser je kg Luft
- p..... Systemdruck in mbar
- pws..... Wasserdampfpartialdruck in mbar

	5 bar - g	7 bar - g
70 °C	0,041 kg / kg	0,0289 kg / kg
80 °C	0,065	0,045
90 °C	0,101	0,069
100 °C	0,155	0,105
110 °C	0,25	0,16
120 °C	0,41	0,246
125 °C	0,54	0,308
130 °C	0,73	0,391



## Patentansprüche:

1. Verfahren durch Nutzung des Gasturbinenprozesses zur Erzeugung von elektrischer Energie, Wasserdampf mit Drücken von 1 bar abs. und höher, sowie für Heizzwecke bis 100° C aus gesättigten feuchten Gas - und Abluftströmen dadurch gekennzeichnet, dass der feuchte Gas - / Luftstrom auf einen abestimmten Druck komprimiert wird, wodurch sich die Temperatur für die Sättigung je nach Wasserdampfgehalt in den Bereich über 100° C verschiebt, wo durch Abkühlung des durch die Kompression erhitzten feuchten Gas - / Luftstromes in einer ersten Stufe in einem Wärmetauscher die sensible Wärme für die Wasserdampfgewinnung auf Drücken größer 1 bar abs. erfolgt, durch weitere Abkühlung in einem zweiten Wärmetauscher nunmehr durch Unterschreitung der Sättigungstemperatur des komprimierten Wasserdampf Gas - / Luftgemisches die Kondensationswärme des feuchten Gas - Luftstromes für die Erzeugung von Reindampf auf Umgebungsdruckniveau erfolgt und in einer dritten Stufe die Kondensationswärme mit einem noch immer vorhandenen Restfeuchtigkeitsgehalt des Gas - Luftstromes Heizwärme bis 100° C und auch darüber gewonnen werden kann, der weitestgehende entfeuchtete und noch immer unter Systemdruck stehende Gas / Luftstrom einem Wärmetauscher (Rekuperator) zur Vorerwärmung auf ein Temperaturniveau in der Nähe des Turbinenaustrittes durch die heißen drucklosen Turbinenabgase erfolgt mit der Weitererwärmung in einer Brennkammer durch Zufuhr von Brennstoff auf das Turbineneintrittsniveau und Entspannung in einer ein - oder mehrstufigen Turbinenstufe mit oder ohne Zwischenerhitzung mit der Erzeugung von mechanischer Nutzleistung / elektrischer Energie.
2. Verfahren nach Anspruch 1. dadurch gekennzeichnet, dass im Falle der Absenz von Sauerstoff im feuchten Wasserdampf - Gasstrom, welcher für die Verbrennung eines Brennstoffes in der Brennkammer erforderlich ist, die Erhitzung des abgekühlten weitestgehend entfeuchteten Gasstromes die Erwärmung des Gastromes anstatt in der Brennkammer in einem Wärmetauscher vom Abgasstrom einer separaten Gasturbine mit einfachem Gasturbinenprozess erfolgt und dadurch der Leistungsbedarf für die Kompression, je nach erforderlichem Druck gedeckt werden kann, bzw. auch noch Nutzleistung gewonnen werden kann und die Restwärme nach Entspannung in einem Wärmetauscher für Heizzwecke oder einem ORC - Prozess genutzt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1. dadurch gekennzeichnet, dass zur Anpassung an den zumeist schwankenden Dampfbedarf in einem Produktionsbetrieb die nicht unmittelbar benötigten Dampfströme mit unterschiedlichem Druck / Temperatur in einer oder mehreren auf den Druck und Temperatur abgestimmten Dampfturbinen mechanische Nutzleistung / elektrische Energie gewonnen wird und damit die Stromausbeute aus dem Prozess erhöht werden kann, im Extremfall die gesamten Dampfströme für die Stromerzeugung genutzt werden können.



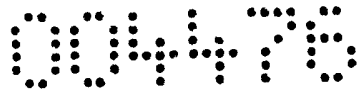
4. Verfahren nach Anspruch 1. dadurch gekennzeichnet, dass anstatt des Wasserdampf - Luft / Gas Gemisches der Prozess mit reiner Luft geführt wird, die sensible Wärme aus der Kompression des Gases für die Dampferzeugung verwendet wird und dieser in einer abgestimmten Dampfturbine Nutzleistung erzeugt, der abgekühlte Luft / Gasstrom durch die heißen Turbinenabgase vorerwärmt wird und in einer Brennkammer auf Turbineneintrittsniveau gebracht wird mit der Entspannung in einer ein oder mehrstufigen Turbinenstufe mit oder ohne Zwischenerhitzung, wodurch eine Wirkungsgradsteigerung des rein luftgeführten Gasturbinenprozesses erreicht wird über das Niveau eines üblichen Gas - und Dampfturbinenprozesses hinausgehend.

5. Verfahren nach Anspruch 1. dadurch gekennzeichnet, dass für die Kompression nötige mechanische Energie nicht durch die Gasturbine(nprozess) bereitgestellt wird, sondern sollte die eigenerzeugte mechanische Nutzleistung der Entspannungsturbine nicht für den Kompressionsaufwand durch den komprimierten, eventuell durch Abwärmequellen erhitzten Gasstrom ausreichen, ein Elektromotor die Kompression des Gas - Wasserdampfgemisches unterstützt mit der Erzeugung von Dampf und Nutzwärme.

6. Verfahren nach Anspruch 1. dadurch gekennzeichnet, dass der nach der Wasserdampferzeugung auf Umgebungsdruckniveau vorhandene Restfeuchtigkeitsgehalt im Gasstrom je nach Systemdruck nicht zur Erzeugung von Heizwärme bis  $100^{\circ}\text{C}$  verwendet wird, sondern im Gasstrom verbleibt und so die Nutzleistungsausbeute des Prozesses gesteigert wird, da hier eine zusätzliche Wasserdampfmasse zum Einen für eine Erhöhung der spezifischen Wärmekapazität führt und zum Zweiten eine größere Masse an der Turbine zur Nutzleistungserzeugung ansteht und dem entspannten Gasstrom nach der Turbine und des Rekuperators die Kondensationswärme auf Umgebungsdruckniveau für einen ORC - Prozess, oder in Verbindung mit Wärmepumpen für die Heizwärmeerzeugung genutzt werden kann, wenn das Temperaturniveau des Vorlaufes des Heizungsnetzes erheblich unter  $100^{\circ}\text{C}$  liegt.

7. Verfahren nach Anspruch 1. dadurch gekennzeichnet, dass eine zusätzliche Wassereindüsung in die gesättigte feuchte Luft - / Gasmasse in jenem Ausmaß erfolgt, in welchem eine isothermenähnliche Verdichtung durch Bindung der Kompressionswärme erfolgt, dies zur Erhöhung des Wasserdampfanteiles für die Nutzung der Kondensation für das Dampfangebot auf 1 bar abs. Niveau maßgebend ist, wodurch der Kompressionsleistungsbedarf sinkt und trotz des zusätzlichen Leistungsbedarfes durch die Kompression des Dampfes auf ein höheres Druckniveau die Nutzleistungsausbeute deutlich höher ausfällt als bei polytroper Verdichtung und Gewinnung der Dampfströme auf dem gewünschten Druckniveau bis etwa 6 bar abs.

8. Verfahren nach Anspruch 1. dadurch gekennzeichnet, dass zur Vermehrung des Dampfanteiles am Wärmedargebot die Restfeuchtigkeit bis zu einer bestimmten Temperatur als Wärmequelle für eine Wärmepumpe mit einem auf die Temperaturen



abgestimmten Wärmeträgermedium verwendet wird und dieser Anteil auf über 100° C angehoben wird mit der Erzeugung von Wasserdampf auf 1 - bar abs. Niveau und mit dem Anteil von Dampf aus der Kondensation auf einem bestimmten Druck verdichtet wird, wobei eine abgestimmte Wassermenge in den Kompressor fein zerstäubt eingedüst werden kann, womit ein Nassdampf vorliegt, wo durch die Kompression der Flüssigwasseranteil verdampft und der verdichtete Wasserdampf auf Sattdampfniveau auf höherem Druck vorliegt und auf diese Weise eine isothermenähnliche Kompression mit geringem Kompressionsleistungsbedarf erreicht wird.

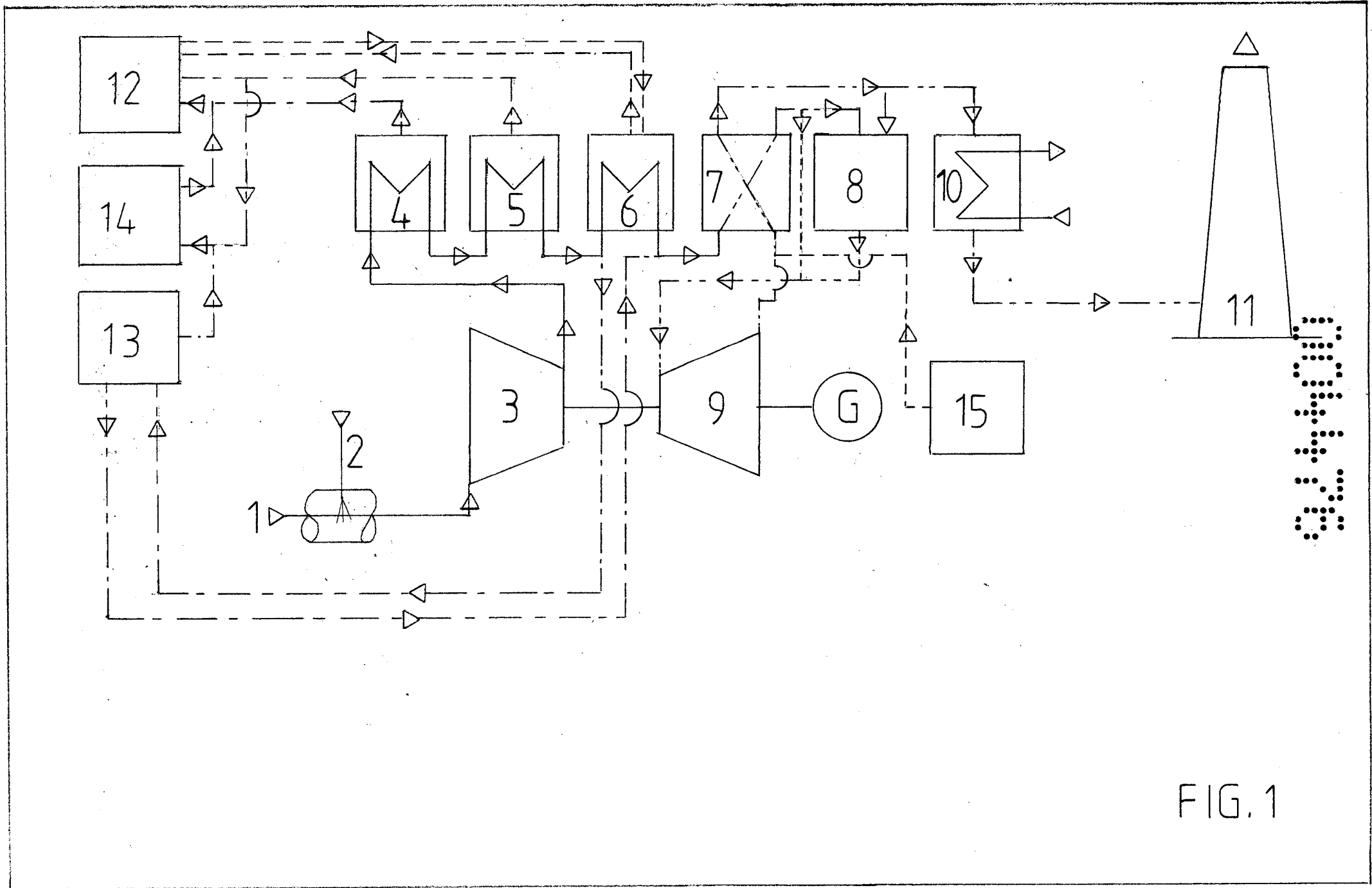


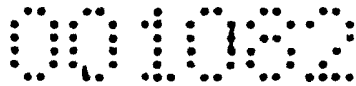
FIG. 1

## Patentansprüche:

1. Verfahren durch Nutzung des Gasturbinenprozesses zur Erzeugung von elektrischer Energie, Wasserdampf mit Drücken von 1 bar abs. und höher, sowie für Heizzwecke bis 100° C aus gesättigten feuchten Gas - und Abluftströmen dadurch gekennzeichnet, dass der feuchte Gas - / Luftstrom auf einen Druck von 7 bis 10 bar abs. komprimiert wird, wo durch Abkühlung des durch die Kompression erhitzten feuchten Gas - / Luftstromes in einer ersten Stufe in einem Wärmetauscher (4) die sensible Wärme für die Wasserdampfgewinnung auf Drücken größer 1 bar abs. erfolgt, durch weitere Abkühlung in einem zweiten Wärmetauscher (5) nunmehr durch Unterschreitung der Sättigungstemperatur des komprimierten Wasserdampf Gas - / Luftgemisches die Kondensationswärme des feuchten Gas - Luftstromes für die Erzeugung von Dampf auf Umgebungsdruckniveau erfolgt und in einer dritten Stufe (6) die Kondensationswärme mit einem noch immer vorhandenen Restfeuchtigkeitsgehalt des Gas - Luftstromes Heizwärme bis 100° C und auch darüber gewonnen wird, der weitestgehende entfeuchtete und noch immer unter Systemdruck stehende Gas / Luftstrom einem Wärmetauscher (Rekuperator, ist als bekannt anzusehen) (7) zur Vorerwärmung auf ein Temperaturniveau in der Nähe des Turbinenausstrittes durch die heißen drucklosen Turbinenabgase erfolgt mit der Weitererwärmung in einer Brennkammer (8) durch Zufuhr von Brennstoff auf technisch übliche Turbineneintrittstemperaturen von 800 bis 1100° C und Entspannung in einer ein - oder mehrstufigen Turbinenstufe (9) mit oder ohne Zwischenerhitzung mit der Erzeugung von mechanischer Nutzleistung / elektrischer Energie.

2. Verfahren durch Nutzung des Gasturbinenprozesses zur Erzeugung von elektrischer Energie, Wasserdampf mit Drücken von 1 bar abs. und höher, sowie für Heizzwecke bis 100° C aus gesättigten feuchten Gas - und Abluftströmen dadurch gekennzeichnet, dass im Falle der Absenz von Sauerstoff im feuchten Wasserdampf - Gasstrom, welcher für die Verbrennung eines Brennstoffes in der Brennkammer erforderlich ist, die Erhitzung des abgekühlten weitestgehend entfeuchteten Gasstromes die Erwärmung des Gastromes anstatt in der Brennkammer in einem Wärmetauscher vom Abgasstrom einer separaten Gasturbine (15) mit einfachem Gasturbinenprozess erfolgt und die Restwärme nach Entspannung in einem Wärmetauscher (10) für Heizzwecke oder einem ORC - Prozess genutzt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1. dadurch gekennzeichnet, dass für die Kompression nötige mechanische Energie nicht durch die Gasturbine(nprozess) bereitgestellt wird, sondern wenn die eigenerzeugte mechanische Nutzleistung der Entspannungsturbine nicht für den Kompressionsaufwand durch den komprimierten, eventuell durch Abwärmequellen erhitzten Gasstrom ausreichen, ein Elektromotor die Kompression des Gas - Wasserdampfgemisches unterstützt mit der Erzeugung von Dampf und Nutzwärme.



4. Verfahren durch Nutzung des Gasturbinenprozesses zur Erzeugung von elektrischer Energie, Wasserdampf mit Drücken von 1 bar abs. und höher aus gesättigten feuchten Gas - und Abluftströmen dadurch gekennzeichnet, dass der nach der Wasserdampferzeugung auf Umgebungsdruckniveau vorhandene Restfeuchtigkeitsgehalt im Gasstrom je nach Systemdruck nicht zur Erzeugung von Heizwärme bis 100° C verwendet wird, sondern im Gasstrom verbleibt und so die Nutzleistungsausbeute des Prozesses gesteigert wird und dem entspannten Gasstrom nach der Turbine (9) und des Rekuperators (7) die Kondensationswärme auf Umgebungsdruckniveau für einen ORC - Prozess, oder in Verbindung mit Wärmepumpen (13) für die Heizwärmeerzeugung genutzt wird, wenn das Temperaturniveau des Vorlaufes des Heizungsnetzes erheblich unter 100° C liegt.

5. Verfahren nach Anspruch 1. dadurch gekennzeichnet, dass eine zusätzliche Wassereindüsung (2) in die gesättigte feuchte Luft - / Gasmasse in jenem Ausmaß erfolgt, in welchem eine isothermenähnliche Verdichtung durch Bindung der Kompressionswärme erfolgt, dies zur Erhöhung des Wasserdampfanteiles für die Nutzung der Kondensation für das Dampfangebot auf 1 bar abs. Niveau maßgebend ist.

8. Verfahren nach Anspruch 1. dadurch gekennzeichnet, dass zur Vermehrung des Dampfanteiles am Wärmedargebot die Restfeuchtigkeit bis zu einer Temperatur von etwa 60° C als Wärmequelle für eine Wärmepumpe (13) mit einem auf die Temperaturen abgestimmten Wärmeträgermedium verwendet wird und dieser Anteil auf über 100° C angehoben wird mit der Erzeugung von Wasserdampf auf 1 - bar abs. Niveau und mit dem Anteil von Dampf aus der Kondensation auf Drücke bis etwa 6 bar abs. verdichtet wird, wobei jene Wassermenge in den Kompressor (14) fein zerstäubt eingedüst wird, die zu einer isothermenähnlichen Kompression des Dampfstromes auf 1 bar abs. Niveau führt.



Klassifikation des Anmeldegegenstands gemäß IPC <sup>8</sup> : <b>F01K 25/06 (2006.01); F01K 17/06 (2006.01); F02C 7/143 (2006.01)</b>		
Klassifikation des Anmeldegegenstands gemäß ECLA: F01K 25/06, F01K 17/06, F02C 7/143		
Recherchiertes Prüfobjekt (Klassifikation): F01K, F02C		
Konsultierte Online-Datenbank: EPODOC		
Dieser Recherchenbericht wurde zu den am <b>24. April 2006</b> eingereichten Ansprüchen <b>1-8</b> erstellt.		
Kategorie <sup>7)</sup>	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
A	CA 2419774 A1 (Helleur) 25. August 2004 (25.08.2004) <i>Zusammenfassung; Fig. 9; Seite 6, Absätze D,H; Seite 8, Absatz Q - Seite 10, erster Absatz;</i> --	1,3,5
A	JP 10231710 A (Ishikawajima Harima Heavy Ind.) 2. September 1998 (02.09.1998) & Patent Abstracts of Japan <i>Zusammenfassung; Figur;</i> --	1,4
A	EP 0694472 A1 (Provost) 31. Jänner 1996 (31.01.1996) <i>Zusammenfassung; Fig. 5; Seite 7, Zeilen 25 - 55;</i> --	1,4,8
A	US 4896499 A1 (Rice) 30. Jänner 1990 (30.01.1990) <i>Zusammenfassung; Fig. 1; Spalte 6, Zeile 23 - Spalte 7, Zeile 23;</i> --	1,4,6
A	US 5622044 A1 (Bronicki et al.) 22. April 1997 (22.04.1997) <i>Zusammenfassung; Fig. 1; Spalte 3, Zeile 40 - Seite 4, Zeile 2;</i> --	1,5
A	EP 1132595 A1 (Hitachi, Ltd.) 12. September 2001 (12.09.2001) <i>Zusammenfassung; Fig. 1; Absätze 0012,0017;</i>	1,7
Datum der Beendigung der Recherche: 29. November 2006		<input type="checkbox"/> Fortsetzung siehe Folgeblatt
		Prüfer(in): Dr. HÖRZER
<sup>7)</sup> <b>Kategorien</b> der angeführten Dokumente:		
X	Veröffentlichung von <b>besonderer Bedeutung</b> : der Anmeldegegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden.	A
Y	Veröffentlichung von <b>Bedeutung</b> : der Anmeldegegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese <b>Verbindung für einen Fachmann naheliegend</b> ist.	P
		E
		&
		A
		P
		E
		&