

# PATENTSCHRIFT 146 075

Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 5 Absatz 1 des Änderungsgesetzes zum Patentgesetz

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

Int. Cl.<sup>3</sup>

(11)	146 075	(44)	21.01.81	3(51)	F 01 K 7/00
(21)	WP F 01 K / 215 527	(22)	13.09.79		
(31)	P 29 31 854.5	(32)	06.08.79	(33)	DE

---

(71) siehe (73)

(72) Pensel, Siegfried, Dr.; Struck, Wilhelm, Dr.; Mötz, Karl, DE

(73) Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg AG, München, DE

(74) Internationales Patentbüro Berlin, 1020 Berlin,  
Wallstraße 23/24

---

(54) Verfahren und Vorrichtung zur Energierückgewinnung

---

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Energierückgewinnung bei unter Atmosphärendruck und Wärmezufuhr stattfindenden Eindickprozessen von Flüssigkeiten in der Lebensmittelindustrie, beispielsweise bei der Bierherstellung. Ziel der Erfindung ist die Rückgewinnung des Wärmeüberschusses. Erfindungsgemäß wird derart verfahren, daß beim Eindickprozeß ausgedampfte Schwaden zunächst möglichst adiabatisch verdichtet und dann durch isobare Kühlung kondensiert werden, wobei bei der Kondensation freiwerdende Wärme für den Eindickprozeß wiederverwendet wird. Die zum Verdichten notwendige Arbeit wird mittels einer Verbrennungsmaschine oder eines Elektromotors aufgebracht und deren Abwärme zur Warmwassererzeugung verwendet. Die Erfindung betrifft weiterhin eine Vorrichtung zur Ausführung des Verfahrens. Bei dieser Vorrichtung ist zur Verdichtung der ausgedampften Schwaden ein Schraubenkompressor vorgesehen, dem ein an sich bekannter Außenkocher nachgeschaltet ist, in dem die Erhitzung der Würzflüssigkeit mittels freiwerdender Kondensationswärme erfolgt. In der erfindungsgemäßen Vorrichtung sind weiterhin Wärmeaustauscher vorgesehen, welche den Wärmeüberschuß aus dem Kondensat bzw. der Verbrennungsmaschine an das Betriebswasser abgeben. - Fig.1 -

Berlin, den 25. 1. 1980

WP F 01 K/ 215 527

56 171 11

215527

-1-

## Verfahren und Vorrichtung zur Energierückgewinnung

### Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Energierückgewinnung bei unter Atmosphärendruck und Wärmezufuhr stattfindenden Eindickprozessen von Flüssigkeiten in der Lebensmittelindustrie, insbesondere bei der Bierherstellung.

### Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Im Brauereibetrieb ist im allgemeinen ein Überschuß an Wärme bei einem Temperaturniveau von unter 100 °C vorhanden. Dies hängt in erster Linie mit den verschiedenen Abwärmequellen des Brauereibetriebes zusammen. Als solche sind vorhanden

- die Vorkühlabteilung des Plattenapparates zur Würzekühlung,
- die Schwadendunstkondensatoranlage beim Kochen von Maische und Würze,
- die Nachverdampfungsschwaden in der Kondensatwirtschaft bei dampfversorgten Betrieben,
- ein Ekonomiser bei direkt beheizten Sudwerken.

25. 1. 1980

WP F 01 K/ 215 527

**215527** - 2 -

All diese Abwärmequellen werden bislang ausschließlich für die Warmwassererzeugung benutzt.

Die Versorgung mit warmem Brauereiwasser von ca. 80 °C erfolgt heute fast ausschließlich durch das zurückgewonnene warme Wasser aus der Vorkühlabteilung des Plattenapparates zur Würzekühlung. Es paßt sowohl mengenmäßig als auch temperaturmäßig sehr gut zusammen und liegt bei 1,1 hl Warmwasser von 80 °C je hl Ausschlagwürze. Der Bedarf an warmem Wasser im übrigen Betrieb (Faßreinigungsanlagen, sanitäre Einrichtungen, Sterilisationswasser usw.) schwankt dagegen in weiten Grenzen, liegt aber in der Mehrzahl aller Betriebe bei etwa 0,5 hl/hl Verkaufsbier. Allein durch eine Schwadendunstkondensatoranlage können jedoch rd. 0,8hl Verkaufsbier zurückgewonnen werden, so daß allein durch diese eine Abwärmequelle bereits ein Überschuß vorhanden ist. Problematisch wird diese Tatsache dadurch, daß nach dem gültigen Bundesimmissionsschutzgesetz die ausgedampften Schwaden beim Maische- und Würzekochen vernichtet werden müssen, da sie mit einer Geruchsemission verbunden sind und daß andererseits aber auch das Ableiten von Warmwasser mit einer Temperatur von über 35 °C nach der Abwassergesetzgebung nicht erlaubt ist.

Die ausgedampften Schwaden könnten zwar auch für den Kocher einer Absorptionskälteanlage eingesetzt werden. Der Aufwand hierfür ist allerdings sehr groß, so daß eine Wirtschaftlichkeit nicht errechnet werden kann.

Der Einsatz einer Wärmepumpenanlage scheidet bislang aus,

25. 1. 1980

WP F 01 K/ 215 527

215527 - 3 -

da das geforderte Temperaturniveau in einer Größenordnung von 140 °C liegt und hierfür bislang kein geeignetes Kältemittel zur Verfügung steht.

#### Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist die Bereitstellung eines einfachen und wirtschaftlichen Verfahrens zur Rückgewinnung von Energie, die insbesondere bei der Bierherstellung anfällt.

#### Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen neuen Weg zu finden, wie die beim Maische- und/oder Würzekochen ausgedampften Schwaden verwertet werden können, um den Energieinhalt der Schwaden dem Brauprozess wieder zuzuführen.

Diese Aufgabe ist dadurch gelöst, daß die beim Maische- und/oder Würzekochen ausgedampften Schwaden zunächst möglichst adiabatisch verdichtet und dann durch isobare Kühlung kondensiert werden, wobei bei der Kondensation freiwerdende Wärme wieder zum Maische- und/oder Würzekochen verwendet wird.

Dieses Verfahren hat den Vorteil, daß eine beachtliche Senkung des Primärenergiebedarfs beim Maische- und/oder Würzekochen erzielt wird und daß ferner die bislang beim Maische- und/oder Würzekochen auftretende Geruchsemission

25. 1. 1980

WP F 01 K/ 215 527

**215527** - 4 -

vollständig verhindert wird.

Die zur Verdichtung notwendige Arbeit wird vorzugsweise mittels einer Verbrennungsmaschine aufgebracht, deren Abwärme zur Warmwasserbereitung verwendet wird, wodurch eine weitere Senkung des Primärenergiebedarfs erreicht wird. Für denselben Zweck kann man auch die im Kondensat enthaltene Wärme zur Warmwasserbereitung verwenden. Anstelle einer Verbrennungsmaschine kann aus Gründen des geringeren Energiebedarfs ein Elektromotor verwendet werden, wenn der Bedarf an Warmwasser gering ist und dadurch die Abwärme einer Verbrennungsmaschine nicht genutzt werden kann.

Im Sinne einer optimalen Ausnutzung der in den ausgedampften Schwaden enthaltenen Energie ist es ferner günstig, wenn Kondensat den verdichteten Dampfschwaden beigemischt wird, so daß sie vom überhitzten Zustand auf Sattedampftemperatur abgekühlt werden. Wirkungsmäßig günstiger ist es jedoch, wenn den Dampfschwaden gleich bei der Verdichtung Kondensat beigemischt wird.

Die Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, daß zur Verdichtung der ausgedampften Schwaden ein Schraubenkompressor vorgesehen ist, dem ein an sich bekannter Außenkocher nachgeschaltet ist, in dem die Erhitzung der Würze und/oder Maische mittels freiwerdender Kondensationswärme erfolgt.

- 5 -

25. 1. 1980

WP F 01 K/ 215 527

**215527** - 5 -

Mit dieser Vorrichtung werden Schwierigkeiten vermieden, die auftreten könnten, wenn der Dampfschwaden zu sehr mit Luft vermischt ist oder durch Fremdstoffe verunreinigt wird, denn zum einen gestattet der Außenkocher das Kochen der Würze bei geschlossener Haubentür, so daß von vornherein nur geringe Luftmengen im Dampfschwaden vorhanden sind, und zum anderen ist der Schraubenverdichter in der Lage, geringe Verunreinigungen im Dampfschwaden, die vom Hopfen herrühren, zu verkraften. Der Außenkocher hat auch den Vorteil, daß er bei Bedarf leicht gereinigt werden kann.

Vorzugsweise wird ein Dieselmotor zum Antrieb für den Schraubenverdichter vorgesehen, weil sein Wirkungsgrad sehr hoch ist und er damit dem Gasmotor und der Gasturbine weit überlegen ist.

Für die Warmwasserbereitung kann sowohl die im Kondensat enthaltene Wärme als auch die Abwärme des Dieselmotors verwendet werden. Vorzugsweise ist daher dem Außenkocher ein Wärmetauscher nachgeschaltet, in dem Wärme dem Kondensat entzogen und dem Betriebswasser zugeführt wird. Zusätzlich oder als Alternative ist der Dieselmotor mit einem Wärmetauscher gekoppelt, in dem die Abwärme des Dieselmotors zur Warmwasserbereitung verwendet wird. Bei Verwendung beider Systeme zur Warmwasserbereitung ist dann zweckmäßigerweise der erstgenannte Wärmetauscher mit dem zweitgenannten Wärmetauscher in Reihe geschaltet, so daß das Betriebswasser mit der im Kondensat enthaltenen Wärme vorgeheizt und mit der Abwärme des Dieselmotors auf die

25. 1. 1980

WP F 01 K/ 215 527

215 527 - 6 -

Endtemperatur gebracht wird.

Der Antrieb des Schraubenverdichters kann auch mittels eines Elektromotors erfolgen.

Dem Außenkocher ist vorzugsweise ein Dampfkühler vorgeschaltet, dem Kondensat aus dem Außenkocher zur Einspritzung in den verdichteten Dampfschwaden zuführbar ist.

Als Alternative zu dem Dampfkühler kann der Schraubenkompressor so ausgebildet sein, daß ihm Kondensat aus dem Außenkocher zur Einspritzung in den Dampfschwaden bei der Verdichtung zuführbar ist.

Die Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens und der Vorrichtung zu seiner Durchführung ist nicht beschränkt auf die Bierherstellung, sondern kann ganz allgemein bei sämtlichen Eindickprozessen in der Lebensmittelindustrie erfolgen. Ein bevorzugtes Anwendungsgebiet ist neben der Bierherstellung auch das Molkereiwesen.

#### Ausführungsbeispiel

Die Erfindung wird nachstehend an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert. In der beiliegenden Zeichnung zeigen:

Fig. 1: ein Fließbild für die Bierherstellung,

Fig. 2: ein Diagramm für Schraubenkompressoren, das bei dem weiter unten aufgeführten Berechnungs-

25. 1. 1980

WP F 01 K/ 215 527

215527 - 7 -

beispiel Verwendung findet.

Würze W wird in Pfeilrichtung von einer Würzpfanne 1 zu einem Außenkocher 2 geführt und von dort wieder in die Würzpfanne 1 zurückgeleitet, nachdem sie den Außenkocher 2 durchströmt hat. Am Anfang wird die Würze W im Außenkocher 2 mittels zugeführten Frischdampfs FD aus einem nicht dargestellten Dampfkessel auf Siedetemperatur erhitzt. Sobald in der Würzpfanne 1 ausreichend Brühdampf BD entsteht, wird dieser Dampf BD in einem Schraubenkompressor 3 annähernd adiabatisch verdichtet und über einen Dampfkühler 4 dem Außenkocher 2 zugeführt, wo er unter Abgabe von Wärme an die Würze W kondensiert. Die Erhitzung der Würze W im Außenkocher 2 erfolgt nun vollständig durch die Zufuhr von Kondensationswärme und nicht mehr mittels Frischdampfs FD.

Der Schraubenkompressor 3 wird von einem Dieselmotor 5 angetrieben, dessen Abwärme aus Kühlwasser und Rauchgas RG in einem Wärmetauscher 6 zur Erhitzung von Betriebswasser BW verwendet wird.

Das im Außenkocher 2 entstehende Kondensat K wird einem Wärmetauscher 7 und/oder einem Kondensatsammler 8 zugeführt. Im Wärmetauscher 7 wird in dem Kondensat enthaltene Wärme zur Vorheizung des Betriebswassers BW verwendet, das danach dem Wärmetauscher 6 zugeleitet wird, um dort auf die Endtemperatur erhitzt zu werden. Aus dem Kondensatsammler 8 wird bei Bedarf Kondensat dem Dampfkühler 4 zugeführt, indem es dann in den verdichteten

25. 1. 1980

WP F 01 K/ 215 527

215527 - 8 -

Brühdampf BD zur Abkühlung desselben auf Sättigungstemperatur eingespritzt wird. Die dem Kondensatsammler 8 und dem Wärmetauscher 7 zugeführten Kondensatmengen werden über einen Mengenregler 9 geregelt. Das aus dem Wärmetauscher 7 austretende Kondensat wird in den Kanal geleitet. Die in den Dampfkühler 4 eintretende Kondensatmenge wird mittels eines temperaturgeregelten Ventils 10 geregelt.

Als Alternative zu dem Dampfkühler kann der Schraubekompressor 3 auch so ausgebildet sein, daß ihm Kondensat aus dem Kondensatsammler 8 zur Einspritzung in den Dampfschwaden bei der Verdichtung zuführbar ist, wie durch die strichpunktierte Linie vom Kondensatsammler 8 zum Kompressor 3 angedeutet ist.

Ferner kann das Kondensat auch zur Frischdampferzeugung herangezogen werden (doppelt gestrichelte Linie), falls aus irgendwelchen Gründen dem Außenkocher 2 Frischdampf FD zusätzlich zugeführt werden muß.

Es folgt ein Berechnungsbeispiel:

1. Stündlicher Wärmeaufwand beim Würzekochen (Kondensationswärme)

Eindampfleistung des Außenkochers 11 %

Ausschlagwürzmenge 100 hl/Sud

Verdampfungswärme bei 1 013 mbar : 2 255,5 kJ/kg

Dichte des Wassers bei 100 °C : 0,958 kg/l

Heizflächenwirkungsgrad 0,87 bis 0,93 (je nach Güte der Isolierung)

25. 1. 1980

WP F 01 K/ 215 527

**215527** - 9 -

Der stündliche Wärmeaufwand beim Würzekochen (Kondensationswärme) läßt sich aufgrund dieser Werte berechnen zu

11 hl/h. 100 l/hl. 2 255,5 kJ/kg. 0,958 kg/l

0,87 (0,93)

2 732 (2 556) MJ/h

entsprechend 758,9 (709,9)kW

2. Stündlicher Brennstoffaufwand beim Würzekochen am Dampfkessel

Kesselwirkungsgrad 82 %

Dichte des extra leichten Heizöls 0,83 kg/l

unterer Heizwert des extra leichten Heizöles 42,7 MJ/kg

Der stündliche Brennstoffaufwand errechnet sich zu

$$\frac{2\,732\ (2\,556)\ \text{MJ/h}}{42,7\ \text{MJ/kg} \cdot 0,83\ \text{kg/l} \cdot 0,82} = 94,00\ (87,95)\ \text{l/100 hl.}$$

3. Leistungsbedarf für die Brüdenverteilung

Der Leistungsbedarf an der Welle des Schraubenverdichters wird in Abhängigkeit verschiedener Heizdampfdrücke errechnet. Obwohl bereits Kocher mit einem Heizdampfdruck von 2,5 bar im Einsatz sind und bei außenliegender Heizfläche ein Druck von 2 bar ausreichend ist, werden dennoch der Vollständigkeit halber auch Heizdampfdrücke bis zu 4 bar in die Berechnung einbezogen. Grundlage der Berechnung ist das in Fig. 2 dargestellte Diagramm für Schraubenkompressoren, in welchem ein realistischer Gesamtwirkungs-

25. 1. 1980

WP F 01 K/ 215 527

**215527** - 10 -

grad von 65 % (= Gütegrad x mechan. Wirkungsgrad) berücksichtigt ist. In diesem Diagramm ist die Leistungsziffer der Wärmepumpe  $\xi_{WP}$  [kJ/kJ] in Abhängigkeit zu verschiedenen Druckdifferenzen (als Temperaturdifferenz) aufgetragen. Für die verschiedenen Heizdampfdrücke läßt sich die Leistungsziffer wie folgt entnehmen:

Heizdampfdruck (bar)	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
zugehörige Sattdampf- temperatur °C	120,23	127,43	133,54	138,88	143,63
Leistungsziffer der Wärmepumpe (kJ/kJ)	11,6	9,1	7,5	6,45	5,75

Nachdem die Kondensationswärme an der Heizfläche mit 709,9 bis 758,9 kW bekannt ist, läßt sich der Leistungsbedarf der Brüdenverdichtung errechnen zu:

Heizdampfdruck (bar)	2,0	2,5	3,0
erforderliche Antriebs- leistung kW <sub>eff</sub>	61,2-65,4	78,0-83,4	97,7-101,2

Fortsetzung:

Heizdampfdruck (bar)	3,5	4,0
erforderliche Antriebs- leistung kW <sub>eff</sub>	110,1-117,7	123,5-132,0

#### 4. Berechnung des Heizdampfdruckes im Gleichgewichtszustand

Da die ausgedampften Schwaden beim Würzekochen mit der

25. 1. 1980

WP F 01 K/ 215 527

**215527** - 11 -

Kondensationswärmemenge am Heizboden indirekt im Zusammenhang stehen, stellt sich bei einem ganz bestimmten, zu ermittelnden Heizdampfdruck ein Gleichgewichtszustand ein, bei welchem die zugeführte indizierte Verdichterleistung gerade ausreicht, die Wärmeverluste zu decken. Es wird davon ausgegangen, daß stündlich 11 hl verdampfen, so daß sich bei der Verdampfungswärme von 2 255,5 kJ/kg (bei 1 013mbar) und der Dichte des Wassers von 0,958 kg/l (bei 100 °C) die stündliche Verdampfungswärme errechnet zu:

$$11 \text{ hl/h} \cdot 100 \text{ l/hl} \cdot 2 \text{ 255,5 kJ/kg} \cdot 0,958 \text{ kg/l} = 2 \text{ 376 846 kJ/h}$$
$$= 660,23 \text{ kW.}$$

Der mechanische Wirkungsgrad der Schraube darf unter Berücksichtigung des Teillastverhaltens mit 90 % angenommen werden. Damit errechnet sich die indizierte Verdichterleistung sowie die Kondensationsleistung (Istwert und Sollwert) zu

Heizdampfdruck (bar)	2,0	2,5	3,0
Verdampfungswärme kW	660,2	660,2	660,2
indizierte Verdichterleistung kW <sub>i</sub>	55,1- 58,9	70,2- 75,1	82,2- 91,1
Kondensationswärme kW (Ist)	715,3-719,1	730,4-735,3	745,4-751,3
Kondensationswärme kW (Soll)	709,9-758,9	709,9-758,9	709,9-758,9

25. 1. 1980

WP F 01 K/ 215 527

**215527**

- 12 -

Fortsetzung:

Heizdampfdruck (bar)	3,5	4	I
<hr/>			
Verdampfungswärme kW	660,2	660,2	
indizierte Verdichterleistung $\dot{W}_i$	99,1-105,9	111,2-118,8	
Kondensationswärme kW			
(Ist)	759,3-766,1	771,4-779,0	
Kondensationswärme kW			
(Soll)	709,9-758,9	709,9-758,9	

Aus dieser Tabelle geht hervor, daß sich ein Gleichgewichtszustand zwischen

Kondensationsleistung,  
Verdampfungsleistung und  
indizierter Verdichterleistung

bei einem Heizdampfdruck zwischen 2 und 3 bar einstellt. In diesem Druckbereich ist die Wärmebilanz der Wärmepumpe erfüllt. Da jedoch ein Heizflächenwirkungsgrad von nur 87 % (unterer Grenzwert) praktisch nur bei unisolierter Heizfläche vorkommt, wird sich in der Praxis der Heizdampfdruck zwischen 0,2 und 2,5 bar einstellen.

#### 5. Brennstoffaufwand für den Diesel zum Antrieb der Schraube

Der Wirkungsgrad des Diesels zum Antrieb der Schraube wird mit 39 % angegeben. Unter Berücksichtigung des Teillastverhaltens soll in der folgenden Berechnung von einem Wirkungsgrad von im Mittel 35 % ausgegangen werden.

- 13 -

25. 1. 1980

WP F 01 K/ 215 527

215527 - 13 -

Heizdampfdruck (bar)	2,0	2,5	3,0
Brennstoffaufwand in kW	174,9-186,9	229,9-238,3	270,6-289,1
Brennstoff- aufwand in MJ/h	629,6-672,8	802,4-857,9	974,2-1040,8
Brennstoffauf- wand in kg/h	14,74-15,76	18,79,20,09	22,81-24,37
Brennstoffauf- wand in l/h	17,8 - 19,0	22,6- 24,2	27,5-29,4
Brennstoffauf- wand ohne Brü- denverdichtung im Mittel (l/h)	90,0	90,0	90,0
Einsparung in %	79 % - 80 %	73 % - 75 %	67 % - 69 %

#### 6. Wirtschaftlichkeit der Brüdenverdichtungsanlage

Da der Heizdampfdruck zwangsläufig zwischen 2,0 und 2,5 bar liegt und dieser Dampfdruck bei außenliegenden Kochern sicher für die technologisch erforderliche Eindampfleistung genügt, werden durch eine solche Brüdenverdichtungsanlage beim Würzekochen Einsparungen zwischen 73 und 80 % erzielt.

Darüber hinaus ist ja zu berücksichtigen, daß durch eine solche Anlage gleichzeitig eine 100%ige Erfüllung des Bundesemissionsschutzgesetzes möglich wird und weder

25. 1. 1980

WP F 01 K/ 215 527

215527 - 14 -

Dampfschwaden noch Geruchsstoffe mehr an die Umgebung abgegeben werden.

### 7. Abwärmeverwertung

Mit den ausgedampften Schwaden beim Maische- und Würzekochen wird mit Hilfe sogenannter Pfannendunstkondensatoranlagen in der Brauerei manchmal der Bedarf an warmem Betriebswasser gedeckt. Dieser Bedarf schwankt in der Mehrzahl aller Brauereien zwischen 0,3 und 0,5 hl/hl Bier.

Nun werden sowohl die Abwärme des Dieselmotors als auch das in den Kanal laufende Siedekondensat zur Bereitung von warmem Betriebswasser herangezogen.

Der Wärmetauscher 7 erlaubt eine Unterkühlung des Kondensates auf 60 °C ( $h_K = 250,91 \text{ kJ/kg}$ ).

Die Dieselabgase können mit 50 % zur Warmwasserbereitung genutzt werden. Die nachstehende Tabelle gibt Aufschluß über die Abwärmenutzung.

Heizdampfdruck	(bar)	2,0	2,5	3,0
<hr/>				
anfallendes Siedekondensat bei Heizflächen-				
wirkungsgrad v. 90 %	kg/h	1 200	1 212	1 222
Wärmeinhalt des				
Kondensats	kJ/kg	504,52	535,2	561,2
Wärmeinhalt des Was-				
sers bei 60 °C	kJ/kg	250,91	250,91	250,91

25. 1. 1980

WP F 01 K/ 215 527

215527 - 14 -

Dampfschwaden noch Geruchsstoffe mehr an die Umgebung abgegeben werden.

### 7. Abwärmeverwertung

Mit den ausgedampften Schwaden beim Maische- und Würzekochen wird mit Hilfe sogenannter Pfannendunstkondensatoranlagen in der Brauerei manchmal der Bedarf an warmem Betriebswasser gedeckt. Dieser Bedarf schwankt in der Mehrzahl aller Brauereien zwischen 0,3 und 0,5 hl/hl Bier.

Nun werden sowohl die Abwärme des Dieselmotors als auch das in den Kanal laufende Siedekondensat zur Bereitung von warmem Betriebswasser herangezogen.

Der Wärmetauscher 7 erlaubt eine Unterkühlung des Kondensates auf 60 °C ( $h_K = 250,91 \text{ kJ/kg}$ ).

Die Dieselaabgase können mit 50 % zur Warmwasserbereitung genutzt werden. Die nachstehende Tabelle gibt Aufschluß über die Abwärmenutzung.

Heizdampfdruck	(bar)	2,0	2,5	3,0
<hr/>				
anfallendes Siedekondensat bei Heizflächen-				
wirkungsgrad v. 90 %	kg/h	1 200	1 212	1 222
Wärmeinhalt des Kondensats	kJ/kg	504,52	535,2	561,2
Wärmeinhalt des Wassers bei 60 °C	kJ/kg	250,91	250,91	250,91

25. 1. 1980

WF F 01 K/ 215 527

215527

- 15 -

ausnutzbare Wärme - menge	kJ/kg	253,61	284,29	310,29
ausnutzbare Wärme - menge	MJ/h	304	345	379
Dieselabgase 50 %	MJ/h	315-336	401-429	487-520
<hr/>				
Wärmerückgewinn im Warmwasser insges.	MJ/h	619-640	746-774	866-899

Zur Erzeugung von 1 hl Warmwasser von 80 °C aus Kaltwasser von 10 °C werden 29,269 MJ benötigt. Die Kochzeit eines Sudes dauert 90 Min. und der Schwund von der Ausschlagwürze (AW) zum Verkaufsbier (VB) liegt bei 10 %.

Aus der Abwärme kann deshalb folgende Warmwassermenge erzeugt werden:

Heizdampfdruck (bar)		2,0	2,5
Warmwassererzeugg. hl/h		21,15-21,87	25,49-26,44
Warmwassererzeugg. hl/Sud		31,7-32,8	38,2 - 39,7
Warmwassererzeugg. hl/hl AW		0,32-0,33	0,38 - 0,40
Warmwassererzeugg. hl/hl VB		0,36 - 0,37	0,42 - 0,44

Fortsetzung:

Heizdampfdruck (bar)		3,0
Warmwassererzeugg. hl/h		29,59-30,72
Warmwassererzeugg. hl/Sud		44,4 - 46,1
Warmwassererzeugg. hl/hl AW		0,44- 0,46
Warmwassererzeugg. hl/hl VB		0,49- 0,51

- 16 -

25. 1. 1980

WP F 01 K/ 215 527

**215 527** - 16 -

Wie aus der Tabelle ersichtlich, kann der Warmwasserbedarf des Brauereibetriebes in (fast) allen Fällen 100%ig gedeckt werden, so daß sich durch den Einsatz einer dieselgetriebenen Brüdenverdichtungsanlage beim Würzekochprozeß der Primärenergiebedarf um rd. 73 bis 80 % erniedrigen läßt. Es ist demnach durch den Einsatz einer solchen Anlage eine ideale Wärmebilanz zu erreichen. Eine noch günstigere Einkopplung der Wärme ist kaum denkbar.

- 17 -

25. 1. 1980

WP F 01 K/ 215 527

215527 - 17 -

Erfindungsanspruch

1. Verfahren zur Energierückgewinnung bei unter Atmosphärendruck und Wärmezufuhr stattfindenden Eindickprozessen von Flüssigkeiten in der Lebensmittelindustrie, gekennzeichnet dadurch, daß beim Eindickprozeß ausgedampft Schwaden zunächst möglichst adiabatisch verdichtet und dann durch isobare Kühlung kondensiert werden, wobei bei der Kondensation freiwerdende Wärme für den Eindickprozeß wiederverwendet wird.
2. Verfahren nach Punkt 1, gekennzeichnet durch seine Anwendung in der Molkerei.
3. Verfahren nach Punkt 1, gekennzeichnet durch seine Anwendung beim Maische- und/oder Würzekochen in Bierbrauereien.
4. Verfahren nach einem der Punkte 1 bis 3, gekennzeichnet dadurch, daß zur Verdichtung notwendige Arbeit mittels einer Verbrennungsmaschine aufgebracht wird, deren Abwärme zur Warmwassererzeugung verwendet wird.
5. Verfahren nach einem der Punkte 1 bis 3, gekennzeichnet dadurch, daß zur Verdichtung notwendige Arbeit mittels eines Elektromotors aufgebracht wird.

25. 1. 1980

WP F 01 K/ 215 527

**215527**

- 18 -

6. Verfahren nach einem der Punkte 1 bis 5, gekennzeichnet dadurch, daß im Kondensat enthaltene Wärme zur Warmwassererzeugung verwendet wird.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Punkte, gekennzeichnet dadurch, daß Kondensat den Dampfschwaden beigemischt wird, um sie annähernd auf Satt-dampftemperatur zu halten bzw. abzukühlen.
8. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach den Punkten 1 bis 7, gekennzeichnet dadurch, daß zur Verdichtung der ausgedampften Schwaden ein Schraubenkompressor (3) vorgesehen ist, dem ein an sich bekannter Außenkocher (2) nachgeschaltet ist, in dem die Erhitzung der Flüssigkeit (W) mittels freierwerdender Kondensationswärme erfolgt.
9. Vorrichtung nach Punkt 8, gekennzeichnet dadurch, daß dem Außenkocher (2) ein Wärmetauscher (7) nachgeschaltet ist, in dem Wärme dem Kondensat (K) entzogen und dem Betriebswasser (BW) zugeführt wird.
10. Vorrichtung nach Punkt 8 oder 9, gekennzeichnet dadurch, daß der Schraubenkompressor (3) von einem Dieselmotor (5) antreibbar ist, der mit einem Wärmetauscher (6) gekoppelt ist, in dem die Abwärme des Dieselmotors (5) zur Warmwasserbereitung verwendet wird.

- 19 -

25. 1. 1980

WP F 01 K/ 215 527

**215527** - 19 -

11. Vorrichtung nach Punkt 8 oder 9, gekennzeichnet dadurch, daß der Schraubenkompressor (3) von einem Elektromotor antreibbar ist.
12. Vorrichtung nach Punkt 10, gekennzeichnet dadurch, daß der erstgenannte Wärmetauscher (7) mit dem zweitgenannten Wärmetauscher (6) in Reihe geschaltet ist.
13. Vorrichtung nach einem der Punkte 8 bis 12, gekennzeichnet dadurch, daß dem Außenkocher (2) ein Dampfkühler (4) vorgeschaltet ist, dem Kondensat (K) aus dem Außenkocher (2) zur Einspritzung in den verdichteten Dampfschwaden zuführbar ist.
14. Vorrichtung nach einem der Punkte 8 bis 12, gekennzeichnet dadurch, daß dem Schraubenkompressor (3) Kondensat (K) aus dem Außenkocher (2) zur Einspritzung in den Dampfschwaden bei der Verdichtung zuführbar ist.

Hierzu 2 Seiten Zeichnungen

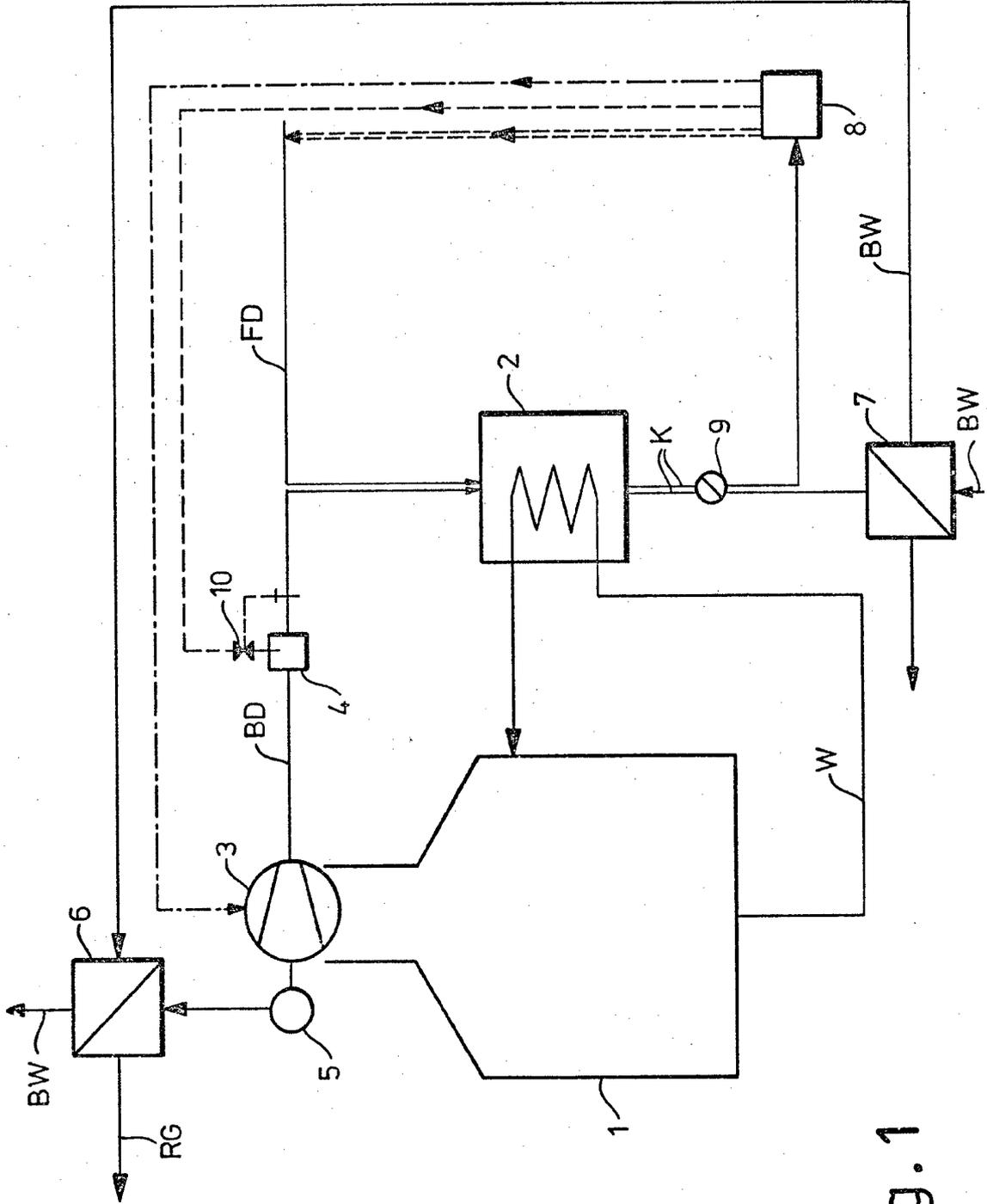


Fig. 1

Fig. 2

