



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 602 06 437 T2** 2006.06.29

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 245 911 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **602 06 437.6**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **02 002 456.8**

(96) Europäischer Anmeldetag: **01.02.2002**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **02.10.2002**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **05.10.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **29.06.2006**

(51) Int Cl.⁸: **F25B 49/02** (2006.01)

F25B 30/02 (2006.01)

B63J 2/12 (2006.01)

F24F 11/00 (2006.01)

F25B 13/00 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

818717 27.03.2001 US

(73) Patentinhaber:

Lockheed Martin Corp., Bethesda, MD., US

(74) Vertreter:

**Mitscherlich & Partner, Patent- und
Rechtsanwälte, 80331 München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,
LI, LU, MC, NL, PT, SE, TR**

(72) Erfinder:

**Hoyle, Scott Baxter, Maple Shade, NY 08054, US;
McSweeney, Michael Anthony, New Brunswick, NY
08816, US**

(54) Bezeichnung: **Selbständige Regelung von Wärmetauschern**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Diese Erfindung betrifft eine selbständige lokale Regelung von Wärmetauschanlagen, die im Kontext eines zusammengeschalteten Netzwerks, das den Austausch von Daten bereitstellt, die sich auf den Status der Anlagen und einer geregelten Umgebung beziehen, verwendet werden können und/oder verwendet werden. Sie betrifft insbesondere ein Verfahren zum Regeln einer Mehrzahl von Wärmepumpen-Baugruppen.

[0002] Ein Verfahren zum Regeln einer Mehrzahl von Wärmepumpen-Baugruppen, in dem alle Merkmale des Oberbegriffs von Anspruch 1 offenbart sind, ist in US-A-6026652 beschrieben.

[0003] Hochseeschiffe haben unabhängig davon, ob sie für Sport, kommerzielle Zwecke oder Kriegsführung vorgesehen sind, die Notwendigkeit gemeinsam, ihre Schwimmfähigkeit und Kontrolle angesichts potentieller gewaltsamer Bedingungen einschließlich Stürmen, Aufgrundlaufen und/oder feindlicher Handlungen zu erhalten. Das Erhalten der Kontrolle und Schwimmfähigkeit angesichts eines Schadens aufgrund derartiger gewaltsamer Bedingungen kann die schnelle Ausbesserung eines derartigen Schadens oder die Anpassung an einen derartigen Schaden erfordern. In einem großen Schiff kann es viele Abteilungen geben, deren Eingänge um einen ausreichenden Abstand voneinander getrennt sind, so daß für eine Bewegung von einer Abteilung zur anderen eine beträchtliche Zeit erforderlich sein kann. Das Vorliegen derartiger Abteilungen oder Gruppen von Abteilungen hat in der Vergangenheit die Notwendigkeit hervorgerufen, jeder Abteilung oder jede Gruppe von Abteilungen einen Beobachter zuzuteilen, um die Bedingungen zu überwachen. Man könnte denken, daß Sprechrohre oder Telefone zum Kommunizieren zwischen jeder der verschiedenen Abteilungen und einem Kontrollzentrum oder einer Kontrollbrücke geeignet sein könnten, aber es gibt eine reale Möglichkeit, daß ein Schaden an einer Abteilung auch die Kommunikationsanlage schädigen könnte. Folglich teilen Kriegsschiffe Mannschaftsmitgliedern dazu ein, Nachrichtenübermittler zu sein, deren Aufgabe es ist, im Fall einer Unterbrechung der Kommunikation Informationen von den Abteilungen zum Kontrollzentrum oder zur Kontrollbrücke zu tragen. Schaden an einer Abteilung eines Schiffs kann Anpassungen in vielen Abteilungen erfordern, wie beispielsweise wenn Überfluten einer Abteilung eine Umverteilung der Schiffsladung oder -vorräte erfordert, um übermäßige Schlagseite zu verhindern. Die Anpassungen können die Betätigung von Ventilen und Schaltern innerhalb der Abteilungen umfassen, wie es notwendig sein kann, um beispielsweise Pumpen zu starten und Ventile zu öffnen, um Bilgenwasser über Bord abzuladen oder um flüssigen Treibstoff von Tanks auf einer Seite des Schiffs

zu Tanks auf der anderen Seite umzuverteilen. Da Zeit beim Versuch, mit Schaden umzugehen, sehr wichtig ist, haben Kriegsschiffe in der Vergangenheit Mannschaften an verschiedenen Stellen auf dem Schiff verteilt. Diesen Mannschaften werden Aufgaben des Betätigens von Ventilen und Schaltern wie befohlen oder trainiert übertragen. Zusätzlich zu solchen Anpassungen müssen zusätzliche Mannschaften auf Abruf für Feuergefechte, für Schadensreparatur und zur Pflege von Verletzten bereitgestellt werden. Im Falle eines Kriegsschiffes muß ein Teil der Mannschaft zusätzlich zum Bemannen von Waffen und für Gegenmaßnahmen verwendet werden. Da das Pflegen von Verletzten voraussetzt, daß einige der Mannschaft nicht in der Lage sind, ihren Aufgaben nachzukommen, muß die Mannschaft, selbst wenn sie durch Opfer in ihrer Anzahl verringert ist, groß genug sein, um in der Lage zu sein, alle die Aufgaben durchzuführen, die damit verbunden sind, sieh in einer Notsituation um ein Schiff zu kümmern. Alle diese Überlegungen führen zu einer Bemannung von Schiffen mit Mannschaften, die groß genug sind, um eine „Stoßzeiten“-Tauglichkeit zum Handhaben jedes Notfalls bereitzustellen. Ein großes Schlachtschiff eines 2. Weltkriegsmodells hatte eine Mannschaft von mehr als 3000 Mann und ein Flugzeugträger in der Größenordnung von 5000. Selbst moderne raketen-tragende Zerstörer benötigen Mannschaften von mehr als 300 Leuten.

[0004] Das Vorliegen derart großer Mannschaften hat unausweichlich seine Auswirkungen auf die Schiffsgestaltung. Es ist selbstverständlich, daß die Bewirtschaftung und Versorgung mit steigender Mannschaft tendenziell überproportional ansteigt. Das Schiff selbst muß groß sein, um die übergroße Mannschaft aufzunehmen und muß zusätzliche Vorräte, wie Lebensmittel tragen, was es noch größer macht. Bereiche für die Essenszubereitung müssen bei einer großen Mannschaft größer sein, und das zusätzliche Personal für Essenszubereitung benötigt wiederum sein eigenes Versorgungspersonal und Schiffseinrichtungen. Die Kosten von Schiffen sind ungünstig durch den Bedarf an einer Mannschaft einer Größe, die Stoßzeiten-Tauglichkeit liefert, beeinflußt, und die Kosten des Betriebes eines derartigen Schiffs werden direkt durch die zusätzlichen Mitglieder der Mannschaft erhöht. Die Betriebskosten werden weiter durch die Notwendigkeit erhöht, die zusätzlichen Mitglieder zu versorgen. Es ist daher von großer Wichtigkeit bei der Schiffsgestaltung, die Erfordernisse bei der personellen Ausstattung des Schiffs zu berücksichtigen und die Schiffsgestaltung auf solche Weise zu verbessern, daß die Mannschaftsgröße minimiert wird.

[0005] Eine Lösung für einen Teilbereich der Schiffsgestaltung ist ein im Kontext mit einer Schiffsbord-Kühlanordnung beschriebenes Flüssigkeits-handhabungssystem, bei dem eine Mehrzahl selbst-

ständig geregelter Ventile, Flußsensoren und möglicherweise Drucksensoren über ein Datennetzwerk zusammengeschaltet ist und jede selbständige Regelung basierend auf vorgespeicherten Informationen, die sich auf ihre „Lage“ im Flüssigkeitsnetzwerk beziehen, einem Umgebungs-„Kontext“, und auch basierend auf den über das Netzwerk berichteten Bedingungen, für sich selbst die Betriebsbedingungen, die sie annehmen sollte, entscheidet, wie beispielsweise „offen“ oder „geschlossen“.

[0006] In [Fig. 1](#) umfaßt ein Flußsystem **10** eine Quelle **12** einer unter Druck stehenden Flüssigkeit, wie etwa Wasser. Wie dargestellt, kann die Quelle **12** eine Pumpe **12b** umfassen, die über ein Rohr **12t** mit einer Quelle von Wasser gekoppelt sein kann, das ein Rohr sein kann, das sich durch den Rumpf eines Schiffs erstreckt, um der Pumpe **12p** zu ermöglichen, Salzwasser aus dem Ozean zu ziehen. Die Pumpe **12p** wird durch einen Regler **12c** wie unten beschrieben geregelt. Die Pumpe **12p** führt unter Druck stehende Flüssigkeit durch einen Flüssigkeitsflußsensor **56** einem Leitungs-T-Stück oder einer Gabelung **32** zu, die unter Druck stehende Flüssigkeit einer Flußstrecke oder Leitung **21** über ein softwaregeregeltes Ventil **41** und einen Flußsensor **51** zuführt. Das softwaregeregelte Ventil **41** ist durch ein unabhängiges Programm geregelt, das mit einer Ventilregelung **41c** verknüpft ist. Die Gabelung **32** führt auch einer zweiten Flußstrecke **22** über ein softwaregeregeltes Ventil **42** und einen Flußsensor **52** unter Druck stehende Flüssigkeit zu. Das softwaregeregelte Ventil **42** wird durch ein unabhängiges Programm geregelt, das mit einer Ventilregelung **42c** verknüpft ist. Wenn das Ventil **41** offen ist (ermöglicht Fluß von Flüssigkeit) und die Pumpe **12p** in Betrieb ist, ist unter Druck stehende Flüssigkeit mit einer T-Abzweigung oder Gabelung **33** gekoppelt und Flüssigkeit fließt durch eine Gruppe **1** von zwei Wärmetauschern und insbesondere vom Wärmetauscher-Eingabeanschluß **61i** durch einen Wärmetauscher **61** zu einem Wärmetauscher-Ausgabeanschluß **61o**, durch einen Flußsensor **54** zu einer weiteren T-Abzweigung oder Gabelung **31** und zu einer mit **9** bezeichneten Ableitung. Es sollte festgestellt werden, daß diese Beschreibung das Vorliegen einer Flüssigkeitsstrecke vom Eingabeanschluß des Wärmetauschers zum Ausgabeanschluß annimmt, und daß diese Strecke nicht ausdrücklich dargestellt ist. Wenn das Ventil **42** offen ist und die Pumpe **12p** in Betrieb ist, ist unter Druck stehende Flüssigkeit mit einer T-Abzweigung oder Gabelung **34** gekoppelt und infolgedessen fließt Flüssigkeit von einem Eingabeanschluß **62i** durch einen Wärmetauscher **62** zu einem Ausgabeanschluß **62o**, durch einen Flußsensor **55** zu einer T-Abzweigung oder Gabelung **31** und zur Ableitung **9**.

[0007] Während die Flußmesser von [Fig. 1](#) als getrennt von den regelbaren Ventilen dargestellt sind, können sie physisch in dieselbe Vorrichtung oder

dasselbe Gehäuse integriert sein und gewöhnliche Stromversorgungen, Logik-Hardware und Netzwerkverbindungen verwenden.

[0008] Die regelbaren Ventile **41**, **42** und **43** von [Fig. 1](#) können sich in einem Schiff befinden und für den Fluß von Flüssigkeit verbunden sein. Die regelbaren Ventile können jeder Art sein. Die Flußsensoren können jeder Art sein, sind aber vorzugsweise des unidirektionalen Flußdetektierstyps oder des Zweirichtungstyps.

[0009] Die Anordnung **10** von [Fig. 1](#) umfaßt auch eine weitere Flußstrecke **23**, die zwischen den T-Abzweigungen **33** und **34** eingekoppelt sind. Die Flußstrecke **23** umfaßt Flußstrecken **23a** und **23b**, einen Flußsensor **53** und umfaßt auch ein softwaregeregeltes Ventil **43**, das von einer Regelung **43c** geregelt wird.

[0010] In [Fig. 1](#) koppelt ein als ein Block **70** dargestelltes Kommunikationsnetzwerk die Ventilregelungen **41c**, **42c** und **43c** mit Flußsensoren **51**, **52**, **53**, **54**, **55** und **56** und mit der Pumpenregelung (CNTL) **12c**. Jede Ventilregelung **41c**, **42c** und **43c** ist mit einem unabhängigen Logiksystem verknüpft, das in Verbindung mit dem Kommunikationsnetzwerk **70** als ein verteiltes Regelsystem zum Regeln des Flüssigkeitsflußsystems **10** unter einer Vielzahl von Bedingungen wirkt, oder enthält dieses. Der Vorteil eines verteilten Regelsystems ist, daß es robust ist, wobei jeder unbeschädigte Unterabschnitt des Systems **10** trotz eines Schadens an oder Defekts von anderen Abschnitten des Systems **10** weiterhin korrekt arbeitet. Somit funktionieren unbeschädigte Abschnitte des verteilten Regelsystems weiterhin trotz eines Schadens an einem Abschnitt des gesamten Regelsystems, soweit die unverletzten Mitglieder einer Mannschaft trotz der Invalidität einiger Mannschaftsmitglieder weiterhin ihren Aufgaben nachkommen können.

[0011] [Fig. 2](#) ist ein vereinfachtes Blockschaltbild eines Flüssigkeitsverteilungssystems **210**, das komplexer als die Anordnung **10** von [Fig. 1](#) ist, aber im allgemeinen ähnlich in der Wirkungsweise. In [Fig. 2](#) umfaßt die Quelle **12** von unter Druck stehender Flüssigkeit ein Flüssigkeitszufuhrrohr **12t**, das einer Gruppe **202** dreier Pumpen **12p**, **212p₁** und **212p₂**, die von den Regelungen **12pc**, **212p₁c** bzw. **212p₂c** geregelt werden, Flüssigkeit zuführt. Wenn in Betrieb, bringt jede Pumpe **12p**, **212p₁** und **212p₂** an einer verknüpften T-Abzweigung oder Gabelung **32**, **232₁** und **232₂** unter Druck stehende Flüssigkeit hervor. Ein Flußsensor **56** mißt den Flüssigkeitsfluß durch die Pumpe **12p**, ein Flußsensor **256₁** mißt den Flüssigkeitsfluß durch die Pumpe **212p₁**, und ein Flußsensor **256₂** mißt den Flüssigkeitsfluß durch die Pumpe **212p₂**. Ein softwaregeregeltes Ventil **241₁** mit einer Regelung **241₁c** ist in Reihe mit einem Flußsen-

sor **251₁**, gekoppelt, um eine Strecke für den Fluß von Flüssigkeit zwischen den T-Stücken oder Gabelungen **32** und **232₁** bereitzustellen. Ähnlich ist ein softwaregeregeltes Ventil **241₂** mit einer Regelung **241_{2c}** in Reihe mit einem Flußsensor **251₂** gekoppelt, um eine Strecke für den Fluß von Flüssigkeit zwischen dem T-Stück oder der Gabelung **232₁** und der Flußstrecke **221** bereitzustellen. Ein softwaregeregeltes Ventil **242₁** mit einer Regelung **242_{1c}** ist in Reihe mit einem Flußsensor **252₁** gekoppelt, um eine Strecke für den Fluß von Flüssigkeit zwischen den T-Stücken oder Gabelungen **32** und **232₂** bereitzustellen. Ein softwaregeregeltes Ventil **242₂** mit einer Steuerung **242_{2c}** ist in Reihe mit einem Flußsensor **251₂** gekoppelt, um eine Strecke für den Fluß von Flüssigkeit zwischen dem T-Stück oder der Gabelung **232₂** und einer Flüssigkeitsstrecke oder Leitung **222** bereitzustellen. Somit führen, wenn mit Energie versorgt, dreifach redundante Pumpen **12p**, **212p₁** und **212p₂** T-Stücken oder Gabelungen **32**, **232₁** und/oder **232₂** unter Druck stehende Flüssigkeit zu, und abhängig vom Zustand der Ventile kann die unter Druck stehende Flüssigkeit der Strecke **221**, **222** oder sowohl **221** als auch **222** zugeführt werden.

[0012] Die Anordnung von [Fig. 2](#) umfaßt eine Gruppe **201** umfassend eine Mehrzahl entsprechend fünf unten beschriebenen Wärmetauschern. In [Fig. 2](#) wird ein Paar Wärmetauscher **261₁** und **261₂** parallel betrieben, indem ihre Eingabeanschlüsse **261_{1i}** und **261_{2i}** mit dem T-Stück oder der Gabelung **233** über Flüssigkeitsflußstrecken **224₁** bzw. **224₂** gekoppelt sind, und indem ihre Ausgabeanschlüsse **261_{1o}** und **261_{2o}** mit dem T-Stück oder der Gabelung **231₁** gekoppelt sind. Ähnlich wird ein Paar Wärmetauscher **262₁** und **262₂** parallel betrieben, indem ihre Eingabeanschlüsse **262_{1i}** bzw. **262_{2i}** mit dem T-Stück oder der Gabelung **234** gekoppelt sind und indem ihre Ausgabeanschlüsse **262_{1o}** bzw. **262_{2o}** mit dem T-Stück oder der Gabelung **231₂** gekoppelt sind. Die Wärmetauschergruppen **261₁**, **261₂** und **262₁**, **262₂** sind mit den Flüssigkeitsquellenleitungen **221** und **222** mittels softwaregeregelter Ventile verbunden: ein softwaregeregeltes Ventil **243**, das von einer Regelung **243c** geregelt wird, ist in einer Strecke **223**, die sich vom T-Stück oder der Gabelung **233** zum T-Stück oder der Gabelung **234** erstreckt, in Reihe mit einem Flußsensor **253** gekoppelt, ein softwaregeregeltes Ventil **243₁**, das von einer Regelung **243_{1c}** geregelt wird, ist in einer Strecke **223₁**, die sich vom T-Stück oder der Gabelung **233** zum T-Stück oder der Gabelung **235** erstreckt, in Reihe mit einem Flußsensor **253₁** gekoppelt, und ein softwaregeregeltes Ventil **243₂**, das von einer Regelung **243_{2c}** geregelt wird, ist in einer Strecke **223₂**, die sich vom T-Stück oder der Gabelung **234** zum T-Stück oder der Gabelung **236** erstreckt, in Reihe mit einem Flußsensor **253₂** gekoppelt. Die Wärmetauschergruppen **261₁**, **261₂** und **262₁**, **262₂** sind mit Flüssigkeitsableitungsrohren **221₁** und **222₁** mittels softwaregeregelter Ventile verbunden:

den: ein softwaregeregeltes Ventil **248₁**, das von einer Regelung **248_{1c}** geregelt wird, ist in einer Strecke **249₁**, die sich vom T-Stück oder der Gabelung **231₁** zum T-Stück oder der Gabelung **231₂** erstreckt, in Reihe mit einem Flußsensor **258₁** gekoppelt, ein softwaregeregeltes Ventil **248₂**, das von einer Regelung **248_{2c}** geregelt wird, ist in einer Strecke **249₂**, die sich vom T-Stück oder der Gabelung **231₁** zum T-Stück oder der Gabelung **231₃** erstreckt, in Reihe mit einem Flußsensor **258₂** gekoppelt, und ein softwaregeregeltes Ventil **248₃**, das von einer Regelung **248_{3c}** geregelt wird, ist in einer Strecke **249₃**, die sich vom T-Stück oder der Gabelung **231₂** zum T-Stück oder der Gabelung **231₄** erstreckt, in Reihe mit einem Flußsensor **258₃** gekoppelt.

[0013] Auch in [Fig. 2](#) besitzt ein weiterer Wärmetauscher **271** einen für den Fluß von Flüssigkeit mit einem T-Stück oder einer Gabelung **237** verbundenen (nominalen Eingabe-) Anschluß **271i** und besitzt einen mit einem T-Stück oder einer Gabelung **231₅** verbundenen (nominalen Ausgabe-) Anschluß **271o**. Eine Gabelung **237** ist mit den Quellenflüssigkeitsstrecken **221** und **222** über softwaregeregelte Ventile **244₁** (geregelt von der Regelung **244_{1c}**) und **244₂** (geregelt von der Regelung **244_{2c}**) gekoppelt. Ventile **244₁** und **244₂** sind in Reihe mit Flußsensoren **257₁** bzw. **257₂** gekoppelt. Wärmetauscher **271** hat seinen (nominalen) Ausgabeanschluß **271o** und das T-Stück oder die Gabelung **231₅** mit den Quellenableitungsstrecken **221₁** und **222₁** über softwaregeregelte Ventile **248₄** (geregelt von der Regelung **248_{4c}**) und **248₅** (geregelt von der Regelung **248_{5c}**) gekoppelt. Die Ventile **248₄** und **248₅** sind in Reihe mit Flußsensoren **258₄** bzw. **258₅** gekoppelt.

[0014] Bei Betrieb der Anordnung von [Fig. 2](#) kann eine oder beide der Flüssigkeitsquellenstrecken **221** oder **22** durch Betrieb einer beliebigen der Pumpen **12p**, **212p₁** und/oder **212p₂** durch Betätigen der Ventile **241₁**, **241₂**, **242₁** und **242₂** zu einer angemessenen Stellung unter Druck gesetzt werden. Beispielsweise kann die Pumpe **12p** die Strecke **221** durch Öffnen der Ventile **241₁** und **241₂** unter Druck setzen, während zusätzlich die Strecke **222** durch Öffnen der Ventile **242₁** und **242₂** unter Druck gesetzt werden kann. Wenn andererseits nur die Pumpe **212p₁** mit Energie versorgt wird, kann die Strecke **221** durch Öffnen nur des Ventils **241₂** unter Druck gesetzt werden, während die Strecke **222** zusätzlich durch Öffnen der Ventile **241₁**, **242₁** und **242₂** unter Druck gesetzt werden kann. Bei durch Betrieb der Pumpe **212p₁** unter Druck gesetzten Leitungen **221** und **222** kann von Leitung **221** durch Schließen des Ventils **241₂** „der Druck genommen werden“, wobei angenommen wird, daß keine andere Strecke Unter-Druck-Setzen bereitstellt. Andere Kombinationen von offenen (Fluß ermöglicht) und geschlossenen (Fluß verhindert) Bedingungen verschiedener der Ventile **241₁**, **241₂**, **242₁** und **242₂** ermöglichen, daß

jede beliebige oder alle der Pumpen **12p**, **212p**₁ und/oder **212p**₂ eine oder beide der Strecken **221** und **222** unter Druck setzen.

[0015] Gabelung **235** von [Fig. 2](#) ermöglicht, daß Flüssigkeitsdruck in Strecke **221** an die Ventile **243**₁ und **244**₁ weitergegeben wird, während Gabelung **236** ermöglicht, daß Flüssigkeitsdruck in Strecke **222** an die Ventile **243**₂ und **244**₂ weitergegeben wird. Ein Öffnen eines beliebigen dieser Ventile ermöglicht, daß Flüssigkeit unter Druck auf den Eingabeanschluß wenigstens eines der Wärmetauscher beaufschlagt wird. Insbesondere ermöglicht, wenn die Strecke **221** unter Druck steht, das Öffnen des Ventils **243**₁, daß unter Druck stehende Flüssigkeit die Eingabeanschlüsse **261**_{1,i} und **261**_{2,i} der Wärmetauschergruppe **261**₁ und **261**₂ erreicht, und das Öffnen des Ventils **244**₁ ermöglicht, daß unter Druck stehende Flüssigkeit den Eingabeanschluß **271i** des Wärmetauschers **271** erreicht. Wenn die Strecke **222** unter Druck steht, ermöglicht ein Öffnen des Ventils **243**₂, daß unter Druck stehende Flüssigkeit die Eingabeanschlüsse **262**_{1,i} und **262**_{2,i} der Wärmetauschergruppe **262**₁ und **262**₂ erreicht, und das Öffnen des Ventils **244**₂ ermöglicht, daß unter Druck stehende Flüssigkeit den Eingabeanschluß **271i** des Wärmetauschers **271** erreicht. Somit kann unter Druck stehende Flüssigkeit den Eingabeanschluß **271i** des Wärmetauschers **271** über entweder das Ventil **244**₁ oder **244**₂ erreichen oder über beide, wenn sich beide im offenen Zustand befinden.

[0016] Genauso wie unter Druck stehende Flüssigkeit an den Eingabeanschluß **271i** des Wärmetauschers **271** über eine oder beide der beiden Strecken **221** und **222** gekoppelt werden kann, kann unter Druck stehende Flüssigkeit mit einer oder beiden der zwei die Strecken **221** und **222** umfassenden Strecken an die Eingabeanschlüsse **261**_{1,i}, **261**_{2,i}, **262**_{1,i}, **262**_{2,i} der Wärmetauscher **261**₁, **261**₂, **262**₁ und **262**₂ durch Öffnen des Ventils **243** in Verbindung mit dem Öffnen wenigstens eines der Ventile **243**₁ und **243**₂ gekoppelt werden.

[0017] Anders als die Anordnung von [Fig. 1](#) umfaßt die Anordnung von [Fig. 2](#) Ventile in den Ableitungsstrecken. Ventile in den Ableitungsstrecken können erwünscht sein, um einen Rückfluß zu verhindern und um eine Wartung an spezifischen Einheiten oder deren Austausch zu ermöglichen. Die Hauptableitungsstrecken sind in [Fig. 2](#) mit **221**₁ und **222**₁ bezeichnet. Die Ableitungsstrecken **221**₁ und **222**₁ vereinigen sich an einem T-Stück oder einer Gabelung **31**, und der gemeinsame Anschluß des T-Stücks ist mit der Ableitung **9** gekoppelt. Durch den Wärmetauscher **271** durchgelaufene Flüssigkeit tritt über den Ausgabeanschluß **271o** aus und kommt am T-Stück oder der Gabelung **231**₅ an. Wenn das Ventil **248**₄ offen ist, fließt die Flüssigkeit vom Ausgabeanschluß **271o** vom T-Stück oder der Gabelung **231**₅ zur Ablei-

tungsstrecke **221**₁ und von da zur Ableitung **9**.

[0018] Andererseits fließt, wenn das Ventil **248**₅ offen ist, die Flüssigkeit vom Ausgabeanschluß **271o** vom T-Stück oder der Gabelung **231**₅ zur Ableitungsstrecke **222**₁ und von da zur Ableitung **9**. Wenn beide Ventile **248**₄ und **248**₅ offen sind, kann Flüssigkeit vom Ableitungsanschluß **271o** zur Ableitung **9** über zwei Strecken fließen. Ähnlich gibt es Mehrfachstrecken für den Fluß von Flüssigkeit von den Ableitungsanschlüssen **261**_{1,o}, **261**_{2,o}, **262**_{1,o}, **262**_{2,o} der Wärmetauscher **261**₁, **261**₂, **262**₁ bzw. **262**₂ zur Ableitung **9**. Das Öffnen von Ventil **248**₂ ermöglicht, daß Ableitungsflüssigkeit vom T-Stück oder der Gabelung **231**₁ zur Ableitung **9** über die Strecke **221**₁ fließt, und das Öffnen von Ventil **248**₃ ermöglicht, daß Ableitungsflüssigkeit vom T-Stück oder der Gabelung **231**₂ zur Ableitung **9** über die Strecke **222**₁ fließt. Das Öffnen von Ventil **248**₁ ermöglicht, daß Ableitungsflüssigkeit zwischen T-Stücken oder Gabelungen **231**₁ und **231**₂ fließt, wodurch ermöglicht wird, daß Ableitungsflüssigkeit von Wärmetauscher-Ableitungsanschlüssen **261**_{1,o}, **261**_{2,o}, **262**_{1,o}, **262**_{2,o} der Wärmetauscher **261**₁, **261**₂, **262**₁ bzw. **262**₂ über diejenige der Strecken **221**₁ oder **222**₁ oder beide fließt, wie es die Zustände der Ventile **248**₂ und **248**₃ erlauben. Wie im Fall der Anordnung von [Fig. 1](#) schaltet ein Netzwerk **70** die verschiedenen Ventilregelungen, Flußventile und Pumpenregelungen zusammen, so daß den Zustand der Ventile und die Flußraten betreffende Informationen von jeder der Ventil- und Pumpenregelungen empfangen werden können.

[0019] [Fig. 3](#) ist ein stark vereinfachtes Blockschaltbild, das einen Abschnitt **301** der Software darstellt, die sich in jeder Ventilregelung der Anordnungen der [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) befindet oder mit ihnen verknüpft ist. Zusätzlich zur dargestellten Software wird jedes Ventil darin befindliche oder verknüpfte Ausstattung und Software (nicht dargestellt) zum Verbinden über das Netzwerk **70** der [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) und eine Ventilbetätigungsausstattung (nicht dargestellt) zum tatsächlichen Regeln des Zustands des Flüssigkeitsventils besitzen. Die Ventilbetätigungsausstattung kann elektrisch, pneumatisch und/oder hydraulisch angetriebene Motoren oder Antriebe umfassen. Einige Ventile können sogar von gespeicherter mechanischer Energie, wie beispielsweise durch eine Aufziehfeder oder eine Gewicht-und-Rolle-Anordnung angetrieben werden.

[0020] Der Software-Block **310** der Software **301** von [Fig. 3](#) stellt den Hauptverarbeitungsfluß zum Bestimmen oder Befehlen des Status des angeschlossenen Ventils dar. Block **310** erhält Informationen von einem Nebenverarbeitungsblock **312** über mit B und D bezeichnete Strecken. Block **310** erzeugt Befehle, die über eine mit A bezeichnete Strecke zu einem Leckdetektier- und Statusüberwachungsblock **312** weiterlaufen. Block **314** stellt eine logische Anord-

nung zum Sammeln von Statusinformationen von Flußmessern, Drucksensoren und Ventilzustand dar, die die Zeiten festlegen, zu denen verschiedene Berechnungen durchgeführt werden. Die zeitliche Abstimmung der Berechnung ist wichtig, da die Informationen, auf denen die Berechnungen basieren, zu unterschiedlichen Zeitpunkten detektiert sein können, wodurch tendenziell der Zusammenhang verschiedener Größen verringert wird. Falls beispielsweise der Fluß durch einen Flußsensor von [Fig. 1](#) zum Zeitpunkt t1 als Null gemessen oder detektiert wird, und der Druck in der angeschlossenen Leitung zu einem späteren Zeitpunkt als niedrig gemessen wird, kann eine Berechnung zu der unrichtigen Schlußfolgerung führen, daß die Pumpe nicht kräftig genug pumpt, wenn gleichzeitige Messungen zeigen könnten, daß der Leitungsdruck niedrig ist, aber daß auch ein starker Flüssigkeitsfluß durch den Sensor vorliegt. Eine derartige Bedingung könnte zu einer (für einige Situationen) korrekten Schlußfolgerung führen, daß in der Leitung in Flußrichtung hinter dem Sensor ein Bruch vorliegt. Die vom Block 314 in [Fig. 3](#) gelieferte zeitliche Abstimmung paßt die Meßzeiten an, so daß die Berechnungen aussagekräftig sind.

[0021] [Fig. 4](#) ist ein vereinfachtes Ablaufdiagramm oder -schaltbild, das die Hauptlogiksequenz von Block 310 der [Fig. 3](#) darstellt. In [Fig. 4](#) ist zu sehen, daß die Logik bei einem Block 410 startet, der ein Einschalten oder Rücksetzen darstellt. Die Logik durchläuft bei normalem Betrieb ständig verschiedene Logikstrecken. Von Block 410 läuft die Logik zu einem Block 412, der das Rückstellen des Systemtimers darstellt. Die Vorgabewerte der Software werden benutzt, um die korrekte Anfangsposition des Ventils einzustellen. Bei rückgestellten Systemtimern zweigt die Logik über Strecke oder Knoten A zum Leckdetektier- und Statusüberwachungsblock 312 von [Fig. 3](#). Von Block 412 läuft die Logik zu einem Block 414, der die Bestimmung des momentanen Zustands oder der momentanen Position des angeschlossenen Ventils als nominal offen (Flüssigkeitsfluß erlaubt), geschlossen (kein Flüssigkeitsfluß) oder (bei einigen Ausführungsformen) bei Positionen zwischen offen und geschlossen darstellt. Von Block 414 läuft die Logik von [Fig. 4](#) zu einem Block 416. Block 416 empfängt Informationen, die sich auf den Systemkontext von Netzwerk 70 der [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) beziehen. Die Systemkontextinformationen teilen dem Ventil die Bedingungen, unter denen das Schiff arbeitet, mit, die solche Bedingungen wie „im Dock“, „normal“ und „Gefecht“ umfassen können. Dies ist lediglich ein Memoryspeicher, der Informationen von einer entfernten Quelle zur Verwendung durch den Logikfluß speichert. Von Block 416 läuft die Logik zu Block 418, der die Informationen von Block 416 mit Informationen kombiniert, die dem Ventil mitteilen, „wo es ist“ im Kontext des Systems, so daß die selbständige Logik von [Fig. 4](#) über das Netzwerk für jedes Ventil mit Sensoren und mit anderen Ventilen des

Systems auf quasi-intelligente Weise wechselwirken kann, um das gewünschte Ergebnis zu erlangen. Die Systemkonfigurationsinformationen werden in einem mit 420 bezeichneten Speicher gehalten. Die Systemkonfigurationsinformationen sind eine Einstellung für jedes Ventil, das es hinsichtlich der Funktion beschreibt, wie etwa ein „Wurzel“-Ventil, das Fluß zuläßt oder ein Querverbindungsventil, das die Auswahl von Mehrfachstrecken zuläßt. Im allgemeinen ändert sich die in Block 420 enthaltene Stelle oder Systemkonfigurationsinformation nicht von mal zu mal, während das Ventil gewöhnlich an derselben Stelle im Rohrleitungssystem bleibt. Die einzigen Situationen, bei denen die gemerkte Konfigurationsinformation geändert werden könnte, umfassen den Zusammenhang mit einer Umstrukturierung des Rohrleitungssystems oder Entfernen eines Ventils (mit seiner Software) zu einer anderen Stelle im selben oder einem anderen Rohrleitungssystem.

[0022] Von Block 418 von [Fig. 4](#) läuft die Logik zu einem Antriebsblock 422, der die Einstellung des angeschlossenen Ventils zur in Block 418 bestimmten Position darstellt.

[0023] Vom Block 422 der [Fig. 4](#) läuft die Logik weiter zu einem Entscheidungsblock 424. Block 424 reagiert auf den Befehl vom Antriebsblock 422 oder auf den im Logikfluß der [Fig. 5](#) erzeugten Leck- oder Fehlerbedingungsbeefehl vom Knoten B. Block 424 von [Fig. 4](#) vergleicht den befohlenen Zustand des Ventils mit der momentanen Ventilposition. Wenn keine Änderung in der Position des Ventils erforderlich ist, um die befohlene Position zu erfüllen, verläßt die Logik den Entscheidungsblock 424 durch die NEIN-Ausgabe und kommt bei einem Block 426 an. Wenn eine Änderung in der Position des Ventils erforderlich ist, verläßt die Logik den Entscheidungsblock 424 durch die JA-Ausgabe und bewirkt die Positionsänderung, und daraufhin kommt die Logik am Block 426 an. Block 424 muß in einigen Fällen widersprechende Ventilzustandsbefehle auflösen. Zum Beispiel, wenn der normale Konfigurationsbefehl von Block 422 erzeugt wird und ein „schließe Ventil“-Befehl über den Knoten B empfangen wird, verwendet Block 424 eine Logik, die von den Konfigurationseigenschaften abhängig sein kann, um den Widerspruch zu lösen. Gewöhnlich wird der Notfallbedingungsbeefehl, der über Knoten B ankommt, die Normalmodusbefehle von Block 422 aufheben.

[0024] Block 426 von [Fig. 4](#) aktualisiert die Ventilposition-Variable und macht sie für die anderen regelbaren Ventile des Systems über das zusammengesetzte Netzwerk 70 der [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) verfügbar. Von Block 426 läuft die Logik zu einem ENDE- oder Pause-Block 428, in dem sich Logik aufhält, bis der nächste Logik-Zyklus gestartet wird.

[0025] [Fig. 5](#) ist eine vereinfachte Darstellung der

Logik von Block **312** von [Fig. 3](#). In [Fig. 5](#) umfaßt die Logik eine Mehrzahl von Timern, die sich wiederholend für eine voreingestellte Zeit, wie zum Beispiel 30 Sekunden, herunterzählen. In [Fig. 5](#) ist Block **510** ein Flußprüftimer, Block **512** ein Statusberichttimer und Block **514** ein Verlust-von-Verbindung-Timer, der eine Eingabe vom Zwischen-Ventil-Netzwerk benötigt und der die Zusammenschaltung zum Ventil, an dem er angeschlossen ist, als unterbrochen einstuft, wenn innerhalb eines spezifischen Intervalls keine Eingabe erhalten wird. Jeder der Flußprüftimer **510**, Statusberichttimer **512** und Verlust-von-Verbindung-Timer **514** ist mit einem Timer-rücksetz-Block **516**, **518** bzw. **520** verbunden. Diese Timer-Rücksetzblocks bewirken, daß die angeschlossenen Zähler nach Auftreten eines vollständigen Zählens auf ihre Startwerte rückgesetzt werden. Der Statusberichttimer-Rücksetzblock **518** ist mit einem Block **522** verbunden, der das Senden oder Berichten vom angeschlossenen regelbaren Ventil an das Zusammenschaltungssystem **70** ([Fig. 1](#) und [Fig. 2](#)) des Ist-Status oder -Zustands des Ventils und des Flusses durch jeden angeschlossenen Flußmesser darstellt. Das Berichten derartiger Informationen vom angeschlossenen Ventil an das Netzwerk **70** ist somit unter der Kontrolle des Timers **512**.

[0026] Vom Timerrücksetzblock **516** von [Fig. 5](#) fließt die Logik zu einem Block **524** und über eine Strecke **525** zu einem Block **526**. Der Block **526** ist der erste Block in einer Logik, die die Flußrichtung durch das angeschlossene Ventil bestimmt. Wenn der angeschlossene Flußmesser bidirektional ist, kann die Bestimmung des Logikablaufs beginnend am Block **526** ausschließlich auf einen Entscheidungsblock vereinfacht werden. Wenn der angeschlossene Flußmesser nicht bidirektional ist, stellt der Block **526** die Bestimmung der relativen Drücke auf jeder Seite des angeschlossenen Ventils dar, und die Bestimmung desjenigen der Drücke, der der höchste ist. Block **528** stellt die auf der Flußrichtung basierende Auswahl der im angeschlossenen Ventil verwendeten Systemkonfiguration dar. Dies ist eine entweder/oder-Bestimmung. Von Block **528** läuft die Logik zu einem Block **530**, der das Auswählen der Systemkonfiguration darstellt, ausgewählt aus den im Block **420** von [Fig. 4](#) gespeicherten Konfigurationen. Vom Block **530** läuft die Logik zum Ende- oder Pause-Block **428**.

[0027] Vom Timerrücksetzblock **516** von [Fig. 5](#) beginnt der Logikablauf zum Block **524** ein Leck- oder Leitungsbruch-Detektieren für das angeschlossene Ventil. Block **524** addiert die Flüssigkeitsflüsse in der nächsten Nachbarschaft der in Block **530** von [Fig. 5](#) gespeicherten Systemkonfiguration. Wenn zum Beispiel das angeschlossene Ventil der Logik der [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) ein Ventil **244₂** von [Fig. 2](#) ist, dann umfassen die in Block **530** gespeicherten Konfigurationsinformationen oder -tabellen Informationen zum Effekt,

daß der Eingabe-Flüssigkeitsfluß des angeschlossenen Ventils **244₂** gleich dem Flüssigkeitsfluß durch Ventil **241₂** ist und der Ausgabeflüssigkeitsfluß gleich der Summe der Flüssigkeitsflüsse durch die Ventile **244₁**, **248₄** und **248₅** ist. Es wird angenommen, daß der Flüssigkeitsfluß durch jedes beliebige Ventil derselbe wie der des angeschlossenen Flußsensors ist, unabhängig davon, ob der Flußsensor mit dem Ventil integriert ist oder ob es ein in der Nähe des Ventils befindliches, getrenntes Objekt ist. Block **524** von [Fig. 5](#) summiert die Flüsse, und die sich ergebende Summe sollte im Gleichgewicht sein sein. Die Summeninformation von Block **524** wird durch einen Entscheidungsblock **532** ausgewertet, der das Ungleichgewicht mit einer Toleranz vergleicht, die durch die Toleranzen in den Flußmeßvorrichtungen bestimmt wird. Nur diejenigen Aus-dem-Gleichgewicht-Bedingungen, die über die Toleranzen hinausgehen, werden als wichtig eingestuft. Da es vorübergehende Ungleichgewichte geben kann, verläßt man sich nicht auf eine einzelne Ungleichgewichtsmessung, aber eine Reihe von mehrfachen Ungleichgewichten ist das Kriterium, ein Leck oder einen Bruch zu erklären. Zu diesem Zweck werden die signifikanten Fehlerbedingungen, die von der FEHLER-Ausgabe des Blocks **532** laufen, an einen ZUNAHME-Eingabenschluß eines Fehlerzählers **534** übertragen, der zunimmt. Wenn der Entscheidungsblock **532** während eines Uhrenzyklus eine Nicht-Fehler-Bedingung detektiert, wird der Fehlerzähler **534** durch ein an den RÜCKSETZ-Eingabenschluß übertragenes Signal auf Null rückgesetzt. Solange eine spezifische Anzahl aufeinanderfolgender Fehlerbedingungen nicht auftritt, erzeugt der Fehlerzähler **534** keine Ausgabe auf die KEIN-LECK-Logikstrecke **536**, und die Logik läuft weiter zum ENDE- oder PAUSE-Block **428**. Bei Auftreten der gewählten Anzahl von Fehlern erzeugt der Zähler **534** ein Leckfehlersignal und überträgt es an einen Block **538**, der ein Leck erklärt. Block **540** stellt das Einstellen der Position des angeschlossenen Ventils auf die durch die Konfigurationsinformationen für eine Leckbedingung festgelegte Position dar. Die meisten Ventile würden im Fall eines Lecks auf den geschlossenen Zustand eingestellt werden, aber es können ungewöhnliche Umstände vorliegen, bei denen das Ventil nicht geschlossen ist, aber das Leck berichtet wird. Von Block **540** läuft die Logik weiter zu Logikknoten B.

[0028] Vom Aktualisiertimer-Rücksetz-Block **520** von [Fig. 5](#) läuft die Logik zu einem Block **550**, der die Bestimmung des Vorhandenseins von Aktualisiersignalen von den Nachbarn während des Aktualisierintervalls darstellt. Somit bestimmt, wenn das angeschlossene Ventil das Ventil **244₂** ist und seine Nachbarn **242₂**, **244₁**, **248₄** und **248₅** sind, Block **550**, daß Signale von diesen vier Nachbarn angekommen sind. Block **552** bestimmt, ob die Flüssigkeitsflußinformationen nicht aktualisiert wird und erzeugt Logiksignale, die an einen Block **554** weitergegeben wer-

den. Block **554** stellt die auf der Konfiguration (die vom Betriebsmodus abhängt) basierende Einstellung des angeschlossenen Ventils zur Position dar. Von Block **554** läuft die Logik zum Knoten B, der zum Block **424** von [Fig. 4](#) zurückkehrt. Wenn die Druckinformationen von den Nachbarn nicht aktualisiert wird, reagiert Block **556**, und die Logik geht über Knoten D zurück zu Block **426** von [Fig. 4](#).

[0029] Ein Statusinformationensammelblock **314** von [Fig. 6](#) sammelt Informationen, die von gegenseitig nicht-synchronisierten regelbaren Ventilen ankommen. Die Informationen werden aufgefangen und vorübergehend im Speicher gespeichert, bis sie von anderen Abschnitten der Logik benötigt werden. In [Fig. 6](#) stellen die Blöcke **610₁ ... 610_n** Eingabemessages dar, die zu verschiedenen Zeitpunkten auftreten und über das Netzwerk von Nachbarflußmessern ankommen, die an Flußstrecken angeschlossen sind, die einen Flüssigkeitsfluß zu dem angeschlossenen Ventil bereitstellen; die Blöcke **612₁ ... 612_n** stellen Eingabemessages dar, die zu verschiedenen Zeitpunkten auftreten und über das Netzwerk von Nachbarflußmessern ankommen, die an Flußstrecken angeschlossen sind; und die Blöcke **614₁ ... 614_n** stellen Nachrichten dar, die zu verschiedenen Zeitpunkten auftreten und über das Netzwerk von Nachbardruckmessern ankommen. All diese Nachrichten kommen bei einem Block **616** an, der eine Speicherung der Nachrichten zu den Zeitpunkten, zu denen sie ankommen, darstellt, zusammen mit einem Nachrichten-Kennsatz, der die Quelle der Informationen und den Zeitpunkt der Ankunft mitteilt. Block **618** verteilt die Informationen zu den geeigneten Stellen in einem Array **620**, das die Verarbeitung zur Leckdetektierung erleichtert. Das Array **620** umfaßt Stellen für jedes Element der einlaufenden Informationen zusammen mit dem Zeitpunkt der Ankunft, Stellen für jedes Element der hinauslaufenden Informationen zusammen mit dem Zeitpunkt der Ankunft und Stellen für jedes Element der Druckinformationen zusammen mit dem Zeitpunkt der Ankunft. Die Arrayinformationen werden über den Knoten C unter dem Befehl vom Aktualisierertimer **514** von [Fig. 5](#) für andere Abschnitte der Logik verfügbar gemacht. Vom Array **620** von [Fig. 6](#) läuft die Logik zum ENDE- oder PAUSE-Block **428**.

[0030] Eine Ausführungsform eines Systems unabhängig oder selbständig regelbarer Ventile im wesentlichen gemäß der obigen Beschreibung wurde in Verbindung mit komplexeren Flußsystemen als denen der [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) hergestellt und getestet und es zeigte sich, daß sie zufriedenstellen funktioniert. Eine Erkenntnis, die experimentell hergeleitet wurde, war, daß es wünschenswert ist, daß ein Flußsensor an jedem der regelbaren Ventile angeschlossen ist. Es zeigte sich, daß Systeme, die weniger Flußbestimmungseinrichtungen als Ventile besaßen, unter denselben Bedingungen schwierig zu stabilisieren wa-

ren. Man glaubt, daß die Verwendung genauerer Flußsensoren eine angemessene Systemstabilität mit weniger Flußsensoren als regelbaren Ventilen zulassen könnte.

[0031] Eine Lösung für einen weiteren Bereich der Schiffsgestaltung beinhaltet die Verwendung einer Mehrzahl selbständig geregelter Pumpen in einem Flüssigkeitsverteilungssystem, wobei die selbständig geregelten Ventile über ein Datenkommunikationsnetzwerk zusammengeschaltet sind. Die von den Pumpen ergriffenen Maßnahmen werden von den selbständigen Regelungen unabhängig von dem Vorhandensein einer Verbindung mit dem Netzwerk festgelegt, so daß selbst wenn die Netzwerkverbindung defekt oder beschädigt ist, das Ventil oder die Pumpe noch mit vorbestimmten „intelligenten“ Maßnahmen reagieren kann.

[0032] Insbesondere umfaßt ein Flüssigkeitszirkulationssystem **700** in [Fig. 7](#) eine Flüssigkeitsbeeinflussungsvorrichtung, die als ein Block **61** dargestellt ist, der einem Wärmetauscher von [Fig. 1](#) entspricht, aber der jede andere Vorrichtung sein kann, die eine Flüssigkeit verwendet und eine gewisse Wirkung auf die Flüssigkeit hat, wie beispielsweise durch Erhöhen oder Senken ihrer Temperatur. Die Flüssigkeitsbeeinflussungsvorrichtung **61** von [Fig. 7](#) besitzt einen Flüssigkeitseingabeanschluß **61i** und einen Flüssigkeitsausgabeanschluß **61o**, der über eine Leitung **54p** mit einer Ableitung **9** gekoppelt ist. Ein Sensor **754** ist an der Flüssigkeitsbeeinflussungsvorrichtung **61** angeschlossen. Der Sensor **754** kann ein Drucksensor sein, der angekoppelt ist, um den Flüssigkeitsdruck am Eingabe- oder Ausgabeanschluß der Flüssigkeitsbeeinflussungsvorrichtung **61** zu detektieren, oder er kann ein Flußsensor sein, der angekoppelt ist, um den Fluß durch die Flüssigkeitsbeeinflussungsvorrichtung zu detektieren. Der Sensor **754** ist über eine Kommunikationsstrecke **754c** mit dem Kommunikationsnetzwerk **70** gekoppelt.

[0033] Eine Quelle unter Druck stehender Flüssigkeit in [Fig. 7](#) liefert unter Druck stehende Flüssigkeit über eine Leitung **710p** zum Flüssigkeitseingabeanschluß **61i** der Flüssigkeitsbeeinflussungsvorrichtung **61**. Die Quelle **710** umfaßt eine Gruppe **702** von Pumpen, die eine erste regelbare Pumpe **12** und eine zweite regelbare Pumpe **712** umfaßt. Pumpe **12** umfaßt die tatsächliche Pumpe (zum Beispiel Motor und Laufrad) **12p** und umfaßt auch ein Kontrollventil **12pck**, um einen Rückfluß von Flüssigkeit in den Pumpendruckanschluß **12p_p**, zu verringern, wenn Pumpe **12p** eines Typs ist, wie etwa eines Zentrifugaltyps, der einen solchen Fluß zuläßt, wenn er nicht eingeschaltet ist. Auf das Kontrollventil **12pck** kann verzichtet werden, wenn die Pumpe **12p** eines Typs ist, wie etwa eines Verdrängungstyps, der bei Nicht-Betrieb keinen Rückfluß zuläßt. Die Pumpe **12** umfaßt auch eine Regelung (CNTL) **12pc**, die mit ei-

ner Energiequelle verbunden ist und auch mit Netzwerk **70** verbunden ist. Die Regelung **12pc** umfaßt ein unabhängiges Programm (Hardware, Software oder Firmware), das die Bedingung der Pumpe **12** detektiert und die Bedingung an das Netzwerk **70** berichtet und umfaßt unten beschriebene Regelabschnitte, so daß (a) wenn der detektierte Parameter derart ist, daß Flüssigkeitsfluß erforderlich ist, bestimmt wird, ob diejenige der ersten und zweiten Pumpe, an der es nicht angeschlossen ist, pumpt, und (b) die angeschlossene Pumpe mit Energie versorgt wird, wenn der detektierte Parameter derart ist, daß Fluß erforderlich ist und diejenige der Pumpen, an der es nicht angeschlossen ist, nicht pumpt. Anders ausgedrückt bestimmt das an der Pumpe **12** angeschlossene Programm aus den vom Netzwerk **70** empfangenen Informationen: (a) ob Sensor **754** Flüssigkeit anfordert, (b) ob Pumpe **712** in Betrieb ist oder pumpt, und dann startet Pumpe **12p**, wenn Pumpe **712** nicht pumpt.

[0034] Ähnlich umfaßt Quelle **710** von [Fig. 7](#) eine zweite Pumpe **712**. Pumpe **712** von [Fig. 7](#) umfaßt die tatsächliche Pumpe **712p** und umfaßt wenn nötig auch ein Prüfventil **712pck**, das zwischen der Pumpe **712p** und dem Druckanschluß **712pp** von Pumpe **712** eingekoppelt ist. Die Pumpe **712** umfaßt auch eine Regelung (CNTL) **712pc**, die mit einer Stromquelle verbunden ist und auch mit dem Netzwerk **70** verbunden ist. Die Regelung **712pc** umfaßt ein unabhängiges Programm, das die Bedingung der Pumpe **712** detektiert, und berichtet die Bedingung an das Netzwerk **70** und umfaßt auch unten beschriebene Regelabschnitte, so daß sie (a) wenn der detektierte Parameter derart ist, daß Flüssigkeitsfluß erforderlich ist, bestimmt, ob diejenige der ersten und zweiten Pumpe, an der sie nicht angeschlossen ist (das heißt, Pumpe **12**), pumpt und (b) die angeschlossene Pumpe (das heißt Pumpe **712**) mit Energie versorgt, wenn der detektierte Parameter derart ist, daß Flüssigkeitsfluß erforderlich ist und daß eine der Pumpen, an denen sie nicht angeschlossen ist (Pumpe **12**), nicht pumpt. Anders ausgedrückt bestimmt das an Pumpe **712** angeschlossene Programm aus den vom Netzwerk **70** empfangenen Informationen, ob Sensor **754** Flüssigkeit anfordert, bestimmt, ob Pumpe **12** in Betrieb ist oder pumpt, und startet Pumpe **712p**, wenn Pumpe **12** nicht pumpt. Somit wirken zwei im wesentlichen identische Pumpen, die jeweils ein an ihr angeschlossenes Programm aufweisen, auf „intelligente“ Weise zusammen, um ein Zuführen von Flüssigkeit zur verwendenden Vorrichtung sicherzustellen, wenn die verwendende Vorrichtung Flüssigkeit anfordert. Ein Schaden an einer der zwei Pumpen oder ihre Zerstörung hindert prinzipiell die andere nicht am Arbeiten, wodurch eine wesentliche Redundanz und daraus folgende Zuverlässigkeit erhalten wird. Ähnlich wird eine Unterbrechung in der Kommunikationsstrecke zwischen dem Netzwerk und einer der Pumpen als ein Defekt der so getrennten Pumpe behan-

delt.

[0035] [Fig. 8](#) ist ein Gesamtflußdiagramm oder -schaubild der mit jeder der Pumpen **12** und **712** von [Fig. 7](#) verknüpften Software. In [Fig. 8](#) startet die Logik bei einem Startblock **810** und läuft weiter zu einem Entscheidungsblock **812**. Der Entscheidungsblock **812** achtet auf einen internen Speicher, der vorzugsweise eines nichtflüchtigen Typs ist, um zu bestimmen, ob die angeschlossene Pumpe als eine primäre Pumpe oder eine sekundäre Pumpe eingestuft wird. Dies ist eine Anfangsinformation, die für jede Pumpe im Flüssigkeitssystem in den Speicher vorgelesen werden kann. Wenn die angeschlossene Pumpe als sekundär eingestuft wird, läuft die Logik von der NEIN-Ausgabe des Entscheidungsblocks **812** zu einem weiteren Block **814**, der das Warten auf oder Suchen nach einer Status-Nachricht von der Primärpumpe darstellt. Vom Block **814** läuft die Logik zu einem Logikknoten A. Wenn die angeschlossene Pumpe als primär eingestuft wird, verläßt die Logik Entscheidungsblock **812** durch die JA-Ausgabe und läuft weiter zu einem weiteren Entscheidungsblock **816**, der eine Bestimmung darüber darstellt, ob der primäre-Pumpe-Status, wie er im internen Speicher aufgezeichnet wird, „DEFEKT“ ist. Wenn der Status DEFEKT ist, verläßt die Logik den Entscheidungsblock **816** durch die JA-Ausgabe und läuft direkt weiter zu einem Block **818**, der die sofortige Übertragung der Nachricht „PRIMÄR DEFEKT“ über das Netzwerk darstellt. Wenn der gespeicherte aufgezeichnete Status nicht DEFEKT ist, verläßt die Logik den Entscheidungsblock **816** durch die NEIN-Ausgabe und läuft weiter zu einem Entscheidungsblock **820**. Der Entscheidungsblock **820** bestimmt, ob das Systemziel erreicht oder erfüllt ist. Im Kontext eines Wärmetauschers als einer Flüssigkeitsbenutzungs- oder -beeinflussungsvorrichtung kann das Ziel zum Beispiel das Vorliegen eines minimalen Flüssigkeitsflusses bei jedem Anschluß der Flüssigkeitsbeeinflussungsvorrichtung sein oder eine Temperatur unterhalb eines gegebenen Schwellenwerts, der wiederum von einer Flüssigkeitsflußrate abhängig sein kann. Wenn das Ziel erreicht wurde oder momentan erreicht ist, verläßt die Logik den Entscheidungsblock **820** durch die JA-Ausgabe und läuft weiter zu einem Block **822**. Der Block **822** stellt das Einstellen des Status der angeschlossenen Pumpe auf AUS dar, was durch Ausschalten der Pumpe erreicht wird. Dies ist sinnvoll, da die Primärpumpe nicht in Betrieb sein sollte, wenn kein Bedarf nach Flüssigkeit besteht. Von Block **822** läuft die Logik weiter zu einem Block **824**, der das Senden der Statusnachricht PRIMÄR AUS über das Netzwerk darstellt. Die Logik wird während jeder Iteration durch die Logik von [Fig. 8](#) die Entscheidungsblöcke **816** und **820** und die Blöcke **822** und **824** durchlaufen, solange die Pumpe primär ist und der Status NICHT DEFEKT ist. Es wäre auch möglich, diese Blöcke unabhängig vom Rest der Logik in eine getrennte Logikschleife zu geben, um eine kontinu-

ierliche Überwachung des Status der Pumpe bereit-zustellen.

[0036] In [Fig. 8](#) verläßt die Logik den Entscheidungsblock **820** durch die NEIN-Ausgabe, wenn das Ziel nicht erreicht ist (das heißt, wenn ein Bedarf an Flüssigkeitsfluß oder Druck vorliegt), und die Logik kommt dann bei einem Block **826** an. Block **826** stellt das Einstellen des Status der angeschlossenen Pumpe auf AN dar, was einfach das Zuführen von Strom zum Motor der angeschlossenen Pumpe bedeutet. Dies ist sinnvoll, da die Primärpumpe in Betrieb sein sollte, wenn dem Bedarf nicht entsprochen wurde. Block **828** stellt das Senden der Nachricht PRIMÄR AN an die anderen Anlagen einschließlich der anderen (sekundären) Pumpen über das Netzwerk dar.

[0037] Sobald die Primärpumpe in Betrieb ist, läuft die Logik vom Block **828** zu einen Entscheidungsblock **830**. Der Entscheidungsblock **830** bestimmt den tatsächlichen Betriebsstatus der angeschlossenen Pumpe. Während die Pumpe in Betrieb sein sollte, wenn sie wie von Block **826** befohlen angeschaltet ist, kann sie offene Windungen, ein festgefressenes Lager oder eine andere Fehlfunktion aufweisen, die zu keinem tatsächlichen Pumpen von Flüssigkeit führt. Die Tatsache des Betriebs kann leicht durch einen Ausgabe-Flußsensor oder Drucksensor oder beide bestimmt werden. Diese können in die angeschlossene Pumpe integriert sein, so daß das Netzwerk nicht benötigt wird, um mit den Sensoren zu kommunizieren, oder sie können getrennte Einheiten sein, die mit der angeschlossenen Pumpenregelung über das Netzwerk **70** kommunizieren. Wenn nicht bestätigt wird, daß die angeschlossene Pumpe durch ein solches herkömmliches eine-Entscheidung-Treffen in Betrieb ist, verläßt die Logik den Entscheidungsblock **830** durch die NEIN-Ausgabe und läuft zu einem Block **832**. Block **832** stellt das Einstellen des Status des angeschlossenen Speichers auf DEFEKT dar, und die Logik erreicht dann Block **818**, der die Statusnachricht PRIMÄR DEFEKT sendet. Es gibt mehrere Vorgehensweisen, die Logik hinter Block **818** zu handhaben. Die erste Vorgehensweise ist, die Pumpenregelungslogik außer für die Abschnitte, die Reaktionen auf Anfragen liefern, auszuschalten. Wenn die Vorrichtung repariert ist, müßte das Status-Flag auf NICHT DEFEKT zurückgesetzt werden, und die Pumpe könnte wieder zur Gruppe der Sekundärpumpen gegeben werden.

[0038] Wenn bestimmt wird, daß die angeschlossene Pumpe in Reaktion auf die herkömmlichen Tests in [Fig. 8](#) pumpt, verläßt die Logik den Entscheidungsblock **830** durch die JA-Ausgabe. Von der JA-Ausgabe des Entscheidungsblocks **830** kommt die Logik bei einem Entscheidungsblock **834** an. Block **834** bestimmt, ob die angeschlossene Pumpe und das Programm mit dem Netzwerk verbunden sind. Diese Be-

stimmung wird durch einfache Techniken durchgeführt, wie etwa dadurch, daß der Status als VERBUNDEN eingestuft wird, wenn Signale beim Netzwerkanschluß des Prozessors, der das Programm von [Fig. 8](#) ausführt, empfangen werden. Höher entwickelte Methoden können verwendet werden, wie etwa das Senden von Nachrichten an andere Einheiten des Netzwerks unter Aufforderung zu antworten. Wenn Block **834** bestimmt, daß die Pumpe und das Programm mit dem Netzwerk verbunden sind, tritt die Logik durch die JR-Ausgabe aus und kommt über eine Strecke **835** zurück zum Entscheidungsblock **812**. Andererseits, wenn der Entscheidungsblock **834** bestimmt, daß die Verbindung mit dem Netzwerk verloren wurde oder zumindest nicht als vorliegend festgelegt wurde, verläßt die Logik den Entscheidungsblock **834** über die NEIN-Ausgabe. Das Fehlen von Signalen am Netzwerkanschluß zeigt nicht notwendigerweise an, daß das Netzwerk nicht verbunden ist, da Signale während der ersten Iteration der Logik des Programms von [Fig. 8](#) möglicherweise deswegen nicht empfangen werden können, da alle anderen Vorrichtungen in der Startphase des Betriebs sein können und keine Signale senden. Somit muß das Programm von [Fig. 8](#) während der Anfangs- oder Startphase des Betriebs etwas anders arbeiten. Von der NEIN-Ausgabe des Entscheidungsblocks **834** läuft die Logik zu einem Entscheidungsblock **836**. Der Block **836** bestimmt, ob die momentane Iteration die erste Iteration ist, was auf wohl-bekannte Art durch Untersuchung der Einstellung eines anfänglichen Flags erreicht wird. Wenn die momentane Iteration die erste Iteration ist, verläßt die Logik den Entscheidungsblock **836** durch die JA-Ausgabe und läuft über einen Flag-Zurücksetz-Block **838** und über die Strecke **835** zurück zum Entscheidungsblock **812**. Andererseits verläßt, wenn die momentane Iteration die erste oder spätere Iteration ist, die Logik den Entscheidungsblock **836** über die NEIN-Ausgabe und kommt bei einem Entscheidungsblock **840** an. Die Entscheidungsblöcke **840** ... **842** stellen zusammen die Auswertung des zuletzt bekannten Kontextes dar, in dem das System insgesamt in Betrieb war. Beispielsweise, wenn Netzwerkkommunikationen zu einem Zeitpunkt, in dem das Schiff während Friedenszeiten im Dock liegt, verloren gehen, kann es sinnlos sein, während des Verlust der Kommunikation überhaupt irgendwas mit der angeschlossenen Pumpe zu tun. Der Status oder der Kontext wird durch eine Untersuchung eines Kontextspeichers (nicht explizit dargestellt) durch den Entscheidungsblock **840** bestimmt. Wenn sich ergibt, daß der Status Friedenszeit im Dock ist, leitet der Entscheidungsblock **840** die Logik über seine JA-Ausgabe zu einem Block **844**, der das Einstellen des Status der angeschlossenen Pumpe auf AUS, wenn sie nicht bereits aus ist, darstellt. Eine solche Maßnahme kann ein Fluten durch Vergleich mit einer Situation verhindern, in der Flüssigkeitsflußzufuhr für ein System bereitgestellt wird (wobei der Kontext Friedenszeit und im

Dock ist), das nicht eingeschaltet ist. Wenn der Kontext ein anderer als Friedenszeit im Dock ist, können andere Entscheidungsblöcke (nicht dargestellt) zu anderen Maßnahmen führen. Der letzte Entscheidungsblock in der Kette, genauer gesagt Entscheidungsblock **842** stellt einen letzten bekannten Kontext von GEFECHT dar. Im Fall, daß die Logik den Entscheidungsblock **842** unter einer GEFECHT-Bedingung erreicht, wird die Logik zu seiner JA-Ausgabe und zu einem Block **846** geleitet. Block **846** kann zum Beispiel das AN-Schalten der angeschlossenen Pumpe unter der Annahme, daß die gefechtskritische Anlage das Mittel braucht, selbst wenn die Kommunikation mit dem Netzwerk verloren wurde, darstellen. Von einem der Blöcke **844**, **846** oder irgendeinem anderen entsprechenden Block läuft die Logik zu einem Block **848**, der das (möglicherweise einzige versuchte) Senden einer Statusnachricht über das Netzwerk darstellt. Die Logik kehrt dann über eine Rück-Logikstrecke **849** zu Block **810** zurück.

[0039] [Fig. 9](#) stellt einen weiteren Abschnitt der Logik oder eine Fortsetzung der Logik von [Fig. 8](#) dar, und somit wirken beide Logikabläufe der [Fig. 8](#) und [Fig. 9](#) in Verbindung mit nur einer angeschlossenen Pumpe. Wie oben beschrieben erreicht die zu [Fig. 8](#) gehörende Logik den Knoten A bei einem Starten, wenn die angeschlossene Pumpe nicht als die Primärpumpe eingestuft wird. Der Logikablauf tritt in das Ablaufschaltbild von [Fig. 9](#) vom Knoten A ein, der den Anfang des Logikablaufs für eine Sekundärpumpe darstellt, die als Pumpe bezeichnet werden muß, in der der interne Speicher der angeschlossenen Regelung oder des angeschlossenen Programms als sekundär eingestuft wird (oder wenigstens als nicht-primär). Vom Knoten A von [Fig. 9](#) läuft die Logik weiter zu Entscheidungsblock **910**. Entscheidungsblock **910** bestimmt, ob eine PRIMÄR DEFEKT-Nachricht empfangen wurde. Dies wird dadurch getan, daß eine solche Nachricht einfach in den Speicher gegeben wird, wenn sie empfangen wird, und die Nachricht in Reaktion auf die Ankunft der Logik am Entscheidungsblock **910**, wenn sie vorliegt, aus dem Speicher geholt wird. Wenn die Primärpumpe nicht defekt ist, wie es durch ein Fehlen einer PRIMÄR DEFEKT-Nachricht angezeigt wird, verläßt die Logik den Entscheidungsblock **910** über die NEIN-Ausgabe und kehrt über einen Knoten C zum Block **812** von [Fig. 8](#) zurück. Andererseits verläßt die Logik, wenn von der Primärpumpe berichtet wird, daß sie defekt ist, den Entscheidungsblock **910** durch die JA-Ausgabe, und die Logik läuft zu einem Block **912**. Block **912** stellt das Starten eines Zufallsintervall-Timers dar. Der Zweck der Zufallstimers ist, unter den vielen momentan sekundären Pumpen/Programm-Kombinationen zu unterscheiden, die potentiell den primären Status annehmen könnten, wenn die primäre Pumpe defekt ist. Um zu verhindern, daß alle sekundären Pumpen versuchen, primär zu werden, wird nur der einen der sekundären

Pumpen, bei der das Zählen des Zufallstimers zuerst endet oder Null erreicht, ermöglicht, primär zu werden. Dies wird durch die Logik der Entscheidungsblöcke **914** und **916** bewerkstelligt. Insbesondere sucht der Entscheidungsblock während des Intervalls, in dem der Zähler **912** abwärts zählt, nach einer „ICH BIN PRIMÄR“-Nachricht vom Netzwerk. Wenn eine solche Nachricht vor dem Ende des Zählens des Zählers **912** empfangen wird, bedeutet das, daß eine andere Pumpe im Flüssigkeitssystem primären Status angenommen hat, und die an dieser Version der Logik angeschlossene Pumpe nicht einen solchen Status annehmen muß. Die Logik verläßt in einer solchen Situation Entscheidungsblock **914** durch die JA-Ausgabe und läuft weiter zu Knoten C. Durch Rückkehren zu Knoten C und zu Entscheidungsblock **812** von [Fig. 8](#) bleibt die angeschlossene Pumpe im „SEKUNDÄR“-Status oder der „SEKUNDÄR“-Bedingung. Wenn andererseits keine „ICH BIN PRIMÄR“-Nachricht vor dem Ende des Zählens des Zählers **912** empfangen wird, verläßt die Logik den Entscheidungsblock **914** durch die NEIN-Ausgabe und läuft weiter zum Entscheidungsblock **916**. Vom Entscheidungsblock **916** läuft die Logik zu Block **918**, der die verknüpfte Pumpe als primär einstuft, und setzt den verknüpften Status im lokalen Speicher auf PRIMÄR. Von Block **918** läuft die Logik zu einem Block **920**, der eine ICH BIN PRIMÄR-Nachricht über das Netzwerk sendet, um dadurch alle anderen sekundär-Status-Pumpen im sekundären Status zu halten. Von Block **920** kehrt die Logik über Knoten B zum Entscheidungsblock von [Fig. 8](#) zurück.

[0040] Im Kontext des Flüssigkeitssystems von [Fig. 7](#) gibt es nur eine einzige sekundäre Pumpe, und die Logik von [Fig. 9](#) muß zu Block **918** laufen, da das Fehlen von anderen sekundären Pumpen bedeutet, daß es vor dem Ende des Zählens des Zählers **912** nie eine weitere Nachricht ICH BIN PRIMÄR geben wird. Somit ist das Zufallszahlenschema von [Fig. 9](#) nicht besonders nützlich, wo es nur eine einzige sekundäre Pumpe gibt.

[0041] Es sollte zur Kenntnis genommen werden, daß das Zufallsintervall-Schema von [Fig. 9](#) zur Auswahl der nächsten Pumpe als neue Primärpumpe nicht notwendig ist, sondern nur eine spezielle Möglichkeit darstellt. Andere Schemata könnten verwendet werden, um die eine der Sekundärpumpen als neue Primärpumpe auszuwählen, wenn die Primärpumpe defekt ist, und eines der Kriterien könnte die Auswahl der am häufigsten verwendeten Pumpe oder der am wenigsten verwendeten Pumpe sein, basierend auf langfristigen Zeitaufzeichnungen im tatsächlichen Pumpbetrieb und auch in Abhängigkeit der Theorie aufgrund der derartige Bestimmungen durchgeführt werden. [Fig. 10](#) stellt einen alternativen Logikablauf dar, der den von [Fig. 9](#) ersetzen kann. In [Fig. 10](#) kommt die Logik von Knoten A am Entscheidungsblock **910** an, der dieselbe Funktion wie in

Fig. 9 ausübt. Wenn die primäre nicht defekt ist, verläßt die Logik den Entscheidungsblock **910** über die NEIN-Strecke und läuft weiter zu Knoten C, wie in Verbindung mit **Fig. 9** beschrieben. Wenn die Primärpumpe in einem defekten Zustand ist, verläßt die Logik den Entscheidungsblock **910** durch die JA-Ausgabe und kommt an einem weiteren Entscheidungsblock **1010** an, der bestimmt, ob die angeschlossene Pumpe diejenige mit der niedrigsten (oder, falls gewünscht, höchsten) Anzahl von Stunden ist. Dies wird dadurch erreicht, daß einfach die gespeicherten Informationen, die sich auf die Stunden des Gebrauchs der verschiedenen Pumpen beziehen, in aufsteigender oder absteigender Reihenfolge geordnet werden. Wenn die angeschlossene Pumpe die am höchsten oder niedrigsten eingeordnete ist, so daß die angeschlossene Pumpe als primäre auszuwählen ist, verläßt die Logik den Entscheidungsblock **1010** durch die JA-Ausgabe und läuft weiter zu den Blöcken **918** und **920**, die denen von **Fig. 9** entsprechen, und von da zu Knoten B, nachdem die angeschlossene Pumpe für primär erklärt wurde. Wenn die angeschlossene Pumpe nicht die am höchsten eingeordnete ist, ist eine andere Pumpe die am höchsten eingeordnete und sollte ihre eigene ICH BIN PRIMÄR-Nachricht senden. Es könnte passieren, daß die am nächsten eingeordnete Pumpe vollständig zerstört ist, was dazu führen könnte, daß die Logik auf das Auftreten einer ICH BIN PRIMÄR-Nachricht wartet, die nie ankommen würde. Wenn der Entscheidungsblock **1010** herausfindet, daß die angeschlossene Pumpe nicht die am höchsten oder am niedrigsten eingeordnete ist, tritt die Logik durch die NEIN-Ausgabe hinaus und kommt bei einem Block **1012** an, der die Einordnung (x) der angeschlossenen Pumpe unter allen anderen verfügbaren Sekundärpumpen (Y) bestimmt. Dies legt fest, wie viele potentielle Sekundärpumpen nacheinander versuchen würden, primär zu werden, bevor die momentane sich selbst zur primären erklären sollte. Zu diesem Zweck wird ein interner Timer **1014** auf ein Zeitintervall $x(t)$ eingestellt, wobei t ein Intervall ist, das für ausreichend gehalten wird, daß eine sekundäre Pumpe ihre primäre Eigenschaft erklärt. Somit wäre, wenn die angeschlossene Pumpe die an dritter Stelle rangierende der vier Sekundärpumpen wäre, das auf dem angeschlossenen Timer eingestellte Zeitintervall $3t$, wobei t 1 Millisekunde sein könnte. Von Block **1014** läuft die Logik dann weiter zu einem Block **1016**, der den Timer startet. Zum Ende der Zeitdauer tritt die Logik in die Blöcke **914** und **916** ein, die mittels einer Strecke **917** wie in Verbindung mit **Fig. 9** beschrieben zusammenwirken, um die Logik zu Knoten C zu leiten, wenn eine ICH BIN PRIMÄR-Nachricht vor dem Ende der Timerzählens empfangen wird, und um die Logik zu den Blöcken **918** und **919** zu leiten, wenn das Zählen endet, bevor eine solche Nachricht empfangen wird.

[0042] Somit können die verschiedenen Sekundär-

pumpen nacheinander versuchen, sich selbst als primär zu erklären, wenn die momentane Primärpumpe defekt ist.

[0043] Die Pumpen müssen nicht im selben Gehäuse wie die Flußmesser sein oder können im selben Gehäuse sein. Die Druckmesser können nach Wunsch verwendet werden oder nicht. Verschiedene Typen von zusammenschaltenden Netzwerken können verwendet werden, einschließlich verdrahteter Doppelleitung, Kabel, optischer Faser oder sogar drahtlos. Die besondere Ausführung der experimentellen Einheiten verwendete verdrahtete Kupferdoppelleitungen, mit denen das LonWorks-Protokoll betrieben wurde. Die speziellen Logikprozessoren waren Neuron-Prozessoren, eine Technology von Echelon Corporation, Palo Alto, CA, aber es können andere Prozessoren verwendet werden. Während in den beschriebenen Ausführungsformen die Flüssigkeitsbeeinflussungsvorrichtungen Wärmetauscher sind, könnten sie Chemische-Reaktions-Vorrichtungen sein, solange die Flußraten der Reaktionspartner und der Reaktionsprodukte bekannt sind und berücksichtigt werden. Während die Netzwerke als diskrete Blöcke dargestellt sind, ist zu berücksichtigen, daß dies eine reine Konvention ist, um ein verteiltes System ohne jede zentrale Verarbeitung, wenigstens zur Pumpen- oder Ventilregelung, darzustellen, obwohl natürlich Schiffsbordkommunikationsnetzwerke an eine zentralisierte Regelung vieler Gesichtspunkte des Betriebs des Schiffes außer denen der Details des Betriebs jedes einzelnen Ventils oder jeder einzelnen Pumpe angeschlossen sein können oder „Kontrolle über diese haben“. Während die Beschreibungen so ausgedrückt werden, daß die Pumpen in der Flüssigkeitsbeeinflussungsvorrichtung positiven Druck erzeugen, kann auch negativer Druck (Teilvakuum) verwendet werden, wodurch der Flüssigkeitsfluß zurück verläuft. Die Pumpen können einstufig oder mehrstufig sein und die Pumpenregelungen können die Pumpgeschwindigkeit stufenweise oder kontinuierlich ändern, statt einfach auf vollen Geschwindigkeitsbetrieb einzuschalten und auf null Geschwindigkeit auszuschalten. Als eine weitere Alternative zur Auswahl der Sekundärpumpe, die primär werden soll, könnte die Pumpenregellogik so angeordnet werden, daß sie eine neue Primärpumpe auswählt, wenn die momentane Primärpumpe eine vorbestimmte Anzahl von Stunden gelaufen ist, wodurch die Verwendung unter den verfügbaren Pumpen tendenziell ausgeglichen wird.

[0044] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Regelverfahren bereitzustellen, das die selbständige Regelung von Flüssigkeitssystemen verbessert.

[0045] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren zum Regeln einer Mehrzahl von Wärmepumpen gemäß dem beiliegenden unabhängigen Anspruch 1 gelöst.

Vorteilhafte Merkmale der vorliegenden Erfindung sind in den entsprechenden Unteransprüchen definiert.

[0046] In der vorliegenden Erfindung umfaßt eine Wärmepumpen-Baugruppe eine unabhängige Regelung, die an einer Wärmepumpen-Baugruppe angeschlossen ist, die in der Lage ist, in Verbindung mit einer Mehrzahl solcher Wärmepumpen-Baugruppen und bei Vorliegen eines Netzwerks, das die Wärmepumpen-Baugruppen vernetzt, zu arbeiten. Jede der Wärmepumpen-Baugruppen ist in der Lage, in Verbindung mit einer Mehrzahl anderer derartiger Wärmepumpen-Baugruppen und beim Vorliegen eines Netzwerks, das die Wärmepumpen-Baugruppen vernetzt, zu arbeiten. Jede der Wärmepumpen-Baugruppen umfaßt eine angetriebene Wärmepumpe zum Pumpen von Wärme von einem Element der Gruppe bestehend aus einer geregelten Umgebung und einer Wärmesenke zum anderen Element der Gruppe bestehend aus einer geregelten Umgebung und einer Wärmesenke. Somit kann die angetriebene Wärmepumpe beispielsweise eine Klimaanlage sein, die Wärme von einem Raum zur Außenumgebung pumpt, um die geregelte Umgebung kühl zu halten, oder sie kann eine Wärmepumpe sein, die arbeitet, um Wärme von der Außenumgebung zu pumpen, um den Raum zu heizen. In beiden Fällen ist der Raum die geregelte Umgebung. Natürlich könnte ein Wärmetauscher verwendet werden, um anstelle eines Raums einen Anlageschrank oder ein besonderes Anlagenteil unter Verwendung von Luft, Wasser oder jedem beliebigen Flüssigkeits-Wärmetauschemedium zu erwärmen oder zu kühlen. Die Energie für die angetriebene Wärmepumpe kann elektrisch oder mechanisch sein, so wie Energie beispielsweise von einem Elektromotor stammen kann, der in Reaktion auf ein elektrisches Regelsignal regelbar sein kann, oder von einem Wasserrad einschließlich einer auf ein Regelsignal reagierenden regelbaren Kupplung. Die Wärmepumpen-Baugruppe umfaßt auch eine einzige Regelung für die Wärmepumpen-Baugruppe zur Erzeugung des Regelsignals zum Regeln der angetriebenen Wärmepumpe. Die Regelung umfaßt ein Speicher-Flag (und somit notwendigerweise einen Speicher für solche Informationen), das den primären oder sekundären Status derjenigen Wärmepumpen-Baugruppe mitteilt, an der es angeschlossen ist. Die Regelung umfaßt auch einen Kommunikationsanschluß und -speicher (oder weiteren Speicherabschnitt), zum Empfangen und wenigstens vorübergehenden Speichern von wenigstens einem Element aus der Gruppe bestehend aus (a) einem Temperaturanzeigesignal, das Temperaturen der geregelten Umgebung mitteilt und (b) einem Feuchtigkeitsanzeigesignal, das Feuchtigkeit der geregelten Umgebung mitteilt. Somit wird erwogen, daß der Wärmetauscher zur Regelung der Temperatur der geregelten Umgebung oder deren Feuchtigkeit oder möglicherweise von beidem da sein kann. Die Regelung bestimmt

den primären oder sekundären Status der angeschlossenen Wärmepumpen-Baugruppe durch Untersuchen des Speicher-Flags und startet, wenn der Status primär ist, die angeschlossene angetriebene Wärmepumpe in Reaktion auf einen Vergleich von einem Element aus der Gruppe bestehend aus (a) der Temperatur der geregelten Umgebung, wie sie von dem Temperaturanzeigesignal dargestellt wird, und (b) der Feuchtigkeit der geregelten Umgebung mit einem im Speicher gespeicherten Stellpunkt. Der Stellpunkt kann über den Verbindungsanschluß oder möglicherweise durch eine lokale Regelung, wie etwa eine Tastatur oder einen Knopf empfangen werden. Andererseits wird, wenn der Status sekundär ist, die angeschlossene betriebene Wärmepumpe in Reaktion auf einen Vergleich von einem Element aus der Gruppe bestehend aus (a) der Temperatur der geregelten Umgebung, wie sie vom Temperaturanzeigesignal dargestellt wird, und (b) der Feuchtigkeit der geregelten Umgebung, wie sie vom Feuchtigkeitsanzeigesignal dargestellt wird, mit einem weiteren (vorzugsweise auch über den Verbindungsanschluß empfangenen) Stellpunkt gestartet, wobei die Werte des ersten und des zweiten Stellpunkts gleich sein können. Somit regeln in diesen Offenbarungen der Erfindung die Regelungen unabhängig ihre Wärmetauscher im wesentlichen unabhängig voneinander.

[0047] In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung umfaßt eine Wärmepumpen-Baugruppe eine unabhängige Regelung, die zum Betrieb in Verbindung mit einer Mehrzahl solcher Wärmepumpen-Baugruppen und beim Vorliegen eines Netzwerks, das die Wärmepumpen-Baugruppen verbindet, in der Lage ist. Die oder jede Wärmepumpen-Baugruppe umfaßt eine angetriebene Wärmepumpe, um Wärme von einem Element aus einer Gruppe bestehend aus einer geregelten Umgebung und einer Wärmesenke zum anderen Element aus der Gruppe bestehend aus einer geregelten Umgebung und einer Wärmesenke zu pumpen. Die Leistung für die angetriebene Wärmepumpe ist, ob elektrisch oder mechanisch, in Reaktion auf ein Regelsignal regelbar. Die Wärmepumpen-Baugruppe umfaßt eine einzige Steuerung für die Wärmepumpen-Baugruppe, um das Regelsignal zum Regeln der angeschlossenen angetriebenen Wärmepumpe zu erzeugen. Die Regelung umfaßt ein Speicher-Flag, das den primären oder sekundären Status der Wärmepumpen-Baugruppe, mit der es verknüpft ist, mitteilt. Die Regelung umfaßt auch einen Verbindungsanschluß, um wenigstens ein Element aus der Gruppe bestehend aus einem Temperaturanzeigesignal und einem Feuchtigkeitsanzeigesignal, das die Temperatur bzw. Feuchtigkeit der geregelten Umgebung anzeigt, zu empfangen. Im Betrieb bestimmt die Regelung den primären oder sekundären Status der angeschlossenen Wärmepumpen-Baugruppe, indem das Speicher-Flag untersucht wird und startet, wenn

der Status primär ist, die angeschlossene angetriebene Wärmepumpe in Reaktion auf einen Vergleich der Temperatur der geregelten Umgebung, wie sie durch das Temperaturanzeigesignal dargestellt wird, und einem (oder mit einem) vorbestimmten Stellpunkt, der über den Verbindungsanschluß empfangen worden sein kann. Wenn der Status sekundär ist, wird die angeschlossene Wärmepumpe in Reaktion auf die Änderungsrate der Temperatur der geregelten Umgebung wie vom Temperaturanzeigesignal dargestellt und das Feuchtigkeitsanzeigesignal, das die Temperatur bzw. die Feuchtigkeit oder möglicherweise beide des gesteuerte-Umgebung-Signals mitteilt, wobei die Bestimmung durchgeführt wird, nachdem ein Signal, das den Betrieb wenigstens einer weiteren Wärmepumpen-Baugruppe mitteilt, empfangen worden ist. Im allgemeinen ermöglicht dies den Betrieb wenigstens eines speziellen der/s sekundären Wärmetauscher/s, die/der während eines Zyklus verzögert oder vermieden werden soll, wenn die Änderungsrate der geregelten Variable (Temperatur oder Feuchtigkeit) in Reaktion auf denjenigen (oder diejenige) Wärmetauscher, die bereits arbeiten, ausreichend ist.

[0048] [Fig. 1](#) ist ein vereinfachtes Blockschaltbild eines Flüssigkeitsfluß- oder -verteilungssystems, um Flüssigkeit von einer Quelle an eine oder beide eines Paares von Flußnutzungsvorrichtungen zu verteilen;

[0049] [Fig. 2](#) ist ein vereinfachtes Blockschaltbild eines Flüssigkeitsfluß- oder -verteilungssystems, um Flüssigkeit von einer Mehrzahl von Quellen an eine Mehrzahl von Flußnutzungsvorrichtungen zu verteilen, auch im wesentlichen wie in der oben erwähnten Patentanmeldung beschrieben;

[0050] [Fig. 3](#) ist eine vereinfachte Blockdarstellung verschiedener Software- oder Logikabschnitte, die an jedem Ventil der Anordnung der [Fig. 1](#) oder [Fig. 2](#) zum selbständigen Regeln der Ventile angeschlossen sind;

[0051] [Fig. 4](#) ist eine vereinfachte Blockdarstellung eines Logik-Ablaufdiagramms oder -schaltbilds eines Abschnitts von [Fig. 3](#);

[0052] [Fig. 5](#) ist eine vereinfachte Blockdarstellung eines Logik-Ablaufdiagramms oder -schaltbilds eines weiteren Abschnitts von [Fig. 3](#);

[0053] [Fig. 6](#) ist eine vereinfachte Blockdarstellung eines Logik-Ablaufdiagramms oder -schaltbilds eines weiteren Abschnitts von [Fig. 3](#);

[0054] [Fig. 7](#) ist ein vereinfachtes Blockschaltbild einer Anordnung, bei der ein Paar regelbarer Pumpen einer Flüssigkeitsbeeinflussungsvorrichtung Flüssigkeit zuführt; und

[0055] [Fig. 8](#) und [Fig. 9](#) bilden zusammen ein vereinfachtes Ablaufdiagramm oder -schaltbild der an jeder Pumpe eines Flüssigkeitssystems angeschlossenen unabhängigen Logik;

[0056] [Fig. 10](#) ist ein vereinfachtes Ablaufdiagramm oder -schaltbild einer Logik, mit der die Logik von [Fig. 9](#) ersetzt werden kann, um ein alternatives Mittel zum Auswählen aus den Sekundärpumpen bereitzustellen;

[0057] [Fig. 11](#) ist eine vereinfachte Darstellung einer Wärmetauscher-Baugruppe gemäß einem Aspekt der Erfindung, die als eine oder mehrere der Wärmetauscher oder anderen Flüssigkeitsbeeinflussungsvorrichtungen der [Fig. 1](#), [Fig. 2](#) oder [Fig. 7](#) verwendet werden kann;

[0058] [Fig. 12](#) ist ein vereinfachtes Logik-Ablaufdiagramm oder -schaltbild, das die Prinzipien der Regelung gemäß einem Aspekt der Erfindung in einer derjenigen von [Fig. 11](#) ähnlichen Anordnung darstellt;

[0059] [Fig. 13](#) ist ein vereinfachtes Ablaufdiagramm oder -schaubild ähnlich [Fig. 9](#), das eine Logik zum Bestimmen, ob der angeschlossene Wärmetauscher vom SEKUNDÄREN Status zum PRIMÄREN schalten sollte, darstellt;

[0060] [Fig. 14](#) ist ein vereinfachtes Logik-Ablaufdiagramm oder -schaltbild, das eine zu der von [Fig. 13](#) alternative Anordnung zum Ändern des Status des angeschlossenen Wärmetauschers von SEKUNDÄR zu PRIMÄR darstellt;

[0061] [Fig. 15](#) ist ein vereinfachtes Logikdiagramm oder -schaltbild, das den Logikablauf eines Abschnitts der an derjenigen von [Fig. 12](#) und derjenigen von entweder [Fig. 13](#) oder [Fig. 14](#) angeschlossenen Regellogik darstellt.

[0062] In [Fig. 11](#) umfaßt die Wärmetauscher-Baugruppe **1161** einen Flüssigkeitseingabeanschluß **1161i** und einen Flüssigkeitsausgabeanschluß **1161o**. Die Wärmetauscher-Baugruppe umfaßt desweiteren eine angeschlossene Regelung (CONT), die als ein Block **1161c** dargestellt ist, der die Übertragung von Leistung von einem Leistungseingabeanschluß **1161p** auf einen momentan angetriebenen Wärmetauscher **1116**, beispielsweise über eine – als ein Block **1118** dargestellte – elektrische Kontaktvorrichtung (Schalter) oder mechanische Kupplung regelt. Die Regelung **1161c** umfaßt einen Netzwerkananschluß **1161cp**, über den eine Verbindung mit dem Netzwerk **70** der [Fig. 1](#), [Fig. 2](#) oder [Fig. 7](#) hergestellt werden kann. [Fig. 11](#) stellt desweiteren einen Netzwerktemperatursensor **1150** dar, der mit dem Netzwerk **70** gekoppelt ist, um Signale über das Netzwerk zu senden, die die Temperatur (oder möglicherweise die Feuchtigkeit) der vom Wärmetauscher **1161** und

möglicherweise anderen derartigen Wärmetausch-Baugruppen geregelten Umgebung darstellen. Es sollte beachtet werden, daß die Temperatur selbst über das Netzwerk gesendet wird, nicht ein binäres (Zwei-Niveau- oder An-aus-) Signal, das wie in einem herkömmlichen Thermostat die Differenz zwischen einer eingestellten Temperatur und der Umgebungstemperatur darstellt. Im allgemeinen empfängt die Regelung **1161c** während des Betriebs in einem Flüssigkeitsnetzwerk wie etwa demjenigen der [Fig. 1](#), [Fig. 2](#) oder [Fig. 7](#) zu verschiedenen Zeiten vom Netzwerk **70** sich auf den Kontext beziehende Informationen (im Dock, Gefecht, etc. oder ihre Entsprechungen in einem anderen Kontext), seinen Standort im Flüssigkeitsnetzwerk, seinen anfänglichen zugeteilten Status als primär oder sekundär und andere ähnliche vorprogrammierte Informationen zum Speichern in einem internen Speicher wie etwa Speicher **1161cm**. Normaler Betrieb der Wärmetausch-Baugruppe umfaßt Bedingungen oder Zeiten, zu denen der angetriebene Wärmetauscher **1116** unter der Regelung der Regelung **1116c** sowohl in Betrieb als auch Nicht-Betrieb ist. Der Betrieb jeder Wärmetausch-Baugruppe **1161** umfaßt das Pumpen von Wärme zwischen einer Wärmesenke HS und einem Wärmetausch-Medium, wie etwa Flüssigkeit, die in einer Strecke zwischen Anschlüssen **1161i** und **1161o** fließt. Wenn in einem Kühlmodus betrieben, wird Wärme von der Flüssigkeit zur Wärmesenke gepumpt, und in einer umgekehrten Richtung zum Heizen. Die geregelte Umgebung ist mit dem Flüssigkeitsfluß oder der Wärmesenke gekoppelt. Während des Betriebs in einem System, das Mehrfach-Wärmetauscher-Baugruppen umfaßt, in einem System, in dem Mehrfach-Wärmetauscher-Baugruppen ähnlich **1116** von [Fig. 11](#) Wärmetausch für eine spezifische geregelte Umgebung liefern, kann eine Wärmetauscher-Baugruppe in Betrieb sein und eine andere kann zu jeder speziellen Zeit im Leerlauf laufen, je nach der Temperatur der geregelten Umgebung, wie sie von einem oder mehreren Temperatursensoren, die die Umgebung messen, detektiert wird. Jede Wärmetauscher-Baugruppe **1161** in einem derartigen System bestimmt für sich selbst basierend auf ihrer selbständigen Regelung **1161c**, ob sie in einem Wärmetauschmodus arbeitet oder nicht. Somit kann das Ausfallen einer „primären“ Wärmetauscher-Baugruppe bewirken, daß eine oder mehrere „sekundäre“ Wärmetauscher-Baugruppen mit Wärmetausch beginnen, selbst wenn die detektierte Temperatur sich nicht geändert hat, da das Netzwerk den „Defekt“-Status der primären Wärmetauscher-Baugruppe an alle sekundären Wärmetauscher-Baugruppen verteilt, von denen jede dann entscheidet, ob sie arbeiten sollen oder nicht. Alternativ können die sekundären Wärmepumpen selbständig entscheiden, sich ungeachtet dessen, daß die primäre Wärmepumpe arbeitet, wie zum Beispiel wenn die Temperatur vom Stellpunkt des primären Wärmepunkts abweichen sollte oder wenn die Änderungsrate der geregelten

Charakteristik die Charakteristik zu einem zweiten Stellpunkt bewegen sollte, anzuschalten. Beim Anschalten kann, wenn die Änderungsrate der Temperatur zur eingestellten Temperatur hin beim Betrieb der momentanen Wärmetauscher-Baugruppen als ausreichend angesehen wird, eine weitere Wärmetauscher-Baugruppe entscheiden, ruhig zu bleiben, wohingegen eine nicht ausreichende Änderungsrate zu einer anderen Entscheidung führen kann. Wenn die Änderungsrate der Temperatur der geregelten Umgebung entfernt von der eingestellten Temperatur eine spezifische Rate übertrifft, können eine oder mehrere selbständig geregelte Wärmetauscher-Baugruppe betrieben werden, um die Änderungsrate zu verlangsamen oder umzukehren.

[0063] Insbesondere stellen die [Fig. 12](#), 13 und [Fig. 14](#) Abschnitte der mit der Wärmetausch-Baugruppe von [Fig. 11](#) verknüpften selbständigen Logik zur Wechselwirkung in einem Netzwerkkontext mit anderen derartigen Wärmetauscher-Baugruppen dar. [Fig. 12](#) ist ein vereinfachtes Logikablaufdiagramm oder -schaltbild, das einige Prinzipien der Regelung gemäß einem Aspekt der Erfindung darstellt. In [Fig. 12](#) startet die Logik bei einem START-Block **1210** und läuft weiter zu einem Entscheidungsblock **1212**, der ein internes Speicher-Flag untersucht, um zu entscheiden, ob der angeschlossene Wärmetauscher primär ist. Wenn das Flag anzeigt, daß der angeschlossene Wärmetauscher nicht primär ist, verläßt die Logik den Entscheidungsblock **1212** durch die NEIN-Ausgabe und läuft über einen Block **1214** zu einem Logikknoten A. Wenn der Wärmetauscher primär ist, verläßt die Logik den Entscheidungsblock **1212** über die JA-Ausgabe und kommt bei einem weiteren Entscheidungsblock **1216** an, der bestimmt, ob der Status des angeschlossenen Wärmetauschers DEFEKT ist. Wenn DEFEKT, verläßt die Logik den Entscheidungsblock **1216** über die JA-Ausgabe und läuft direkt zu einem Block **1218**, der das Senden einer PRIMÄR DEFEKT-Statusnachricht über das Netzwerk darstellt.

[0064] Wenn die Logik am Block **1218** von [Fig. 12](#) ankommt, würde angenommen werden, daß die Wärmepumpe nicht arbeitet, und eine Art von Wartung erfordern würde. Es wäre wünschenswert, alle „defekt“-Nachrichten zu identifizieren und in eine Wartungsschlange zu geben. Ein Teil der Wartung der defekten Wärmepumpe wäre, die Logik neu zu starten oder zurückzusetzen. Es ist möglich, daß es verschiedene Arten des Defekts geben kann. Wenn der Defekt eine Leistungscharakteristik wäre, wie ein hoher Strombedarf des Motors oder ein niedriges delta T über den Wärmetauscher, könnte die Einheit in einen Notreservestatus versetzt werden, wo sie verwendet werden könnte, wenn der Kontext den Betrieb einer ausgemusterten Wärmepumpe rechtfertigt. In diesem Fall könnte die Logik zum Startblock zurückkehren. Die Logik zur Handhabung des Notre-

servestatus ist nicht dargestellt. Wenn der Defekt schwächend wäre, da zum Beispiel der Motor für den Kompressor nicht betriebsfähig ist, wäre es für die Logik nicht nützlich, den Betrieb fortzusetzen, da es keine Hoffnung gibt, daß die Einheit arbeiten wird.

[0065] Wenn der Entscheidungsblock **1216** von [Fig. 12](#) herausfindet, daß der angeschlossene Wärmetauscher korrekt arbeitet, tritt die Logik bei der NEIN-Ausgabe hinaus und kommt bei einem Entscheidungsblock **1220** an. Der Entscheidungsblock **1220** vergleicht das detektierte Signal, das die über das Netzwerk ankommende (oder empfangene) geregelte Variable (zum Beispiel die Temperatur oder Feuchtigkeit) darstellt, mit dem im Speicher gespeicherten eingestellten Wert. Dieser eingestellte Wert kann lokal in den Speicher einprogrammiert sein oder ist erwünschter aus der Entfernung durch über das Netzwerk empfangene Anweisungen einstellbar. Wenn das Ziel erreicht worden ist, verläßt die Logik den Entscheidungsblock **1220** durch die JA-Ausgabe und kommt bei einem Block **1222** an. Block **1222** stellt das AUS-Schalten des angetriebenen Wärmetauschers **1116** von [Fig. 11](#) dar. Vom Block **1222** von [Figur 1224](#) läuft die Logik zu einem weiteren Block **1224**, der das Senden einer PRIMÄR AUS-Nachricht über das Netzwerk darstellt.

[0066] Wenn im Entscheidungsblock **1220** von [Fig. 12](#) gefunden wird, daß das Ziel nicht erreicht worden ist, verläßt die Logik den Entscheidungsblock durch die NEIN-Ausgabe und kommt bei einem Entscheidungsblock **1226** an, der eine Bestimmung der Verfügbarkeit eines Betriebs-Primärwärmetauschers durch Untersuchen der Verfügbarkeit von Primärwärmetauscher(heiz- oder kühl) flüssigkeit darstellt. Dies kann je nach der Gestaltung des/r Wärmetauscher/s und der Wärmesenke/n dafür auf verschiedene Weisen erreicht werden. Wenn zum Beispiel der Primärwärmetauscher eine einfache gerippte Leitung ist, durch die Seewasser zirkuliert, könnte die Bestimmung des Vorliegens von Wärmeaustauschflüssigkeit durch Überwachen des Vorliegens von Seewasserfluß an der Ausgabe der Leitung erreicht werden, um zu bestätigen, daß die geeignete Flüssigkeitspumpe arbeitet. Wenn der Primärwärmetauscher luftgekühlt oder luftbeheizt wäre, könnte der Fluß von Luft überwacht werden, oder die Drehung eines spezifischen luftbewegenden Ventilatormotors könnte das Kriterium sein. Ein gutes Kriterium könnte sein, daß ein Pumpenmotorlaststrom innerhalb eines spezifischen Wertebereichs liegt. Es sollte beachtet werden, daß dieser spezifische Test eine gewisse Systemverzögerung einführen kann, da es sein kann, daß in der Logik Kompensierung bereitgestellt werden muß, um die begrenzte Zeit, die die Wärmetauscherflüssigkeit benötigen kann, um nach dem Starten den gewünschten Wert zu erreichen, zu berücksichtigen. Wenn es keine Verfügbarkeit von Wärmeaustauschflüssigkeit gibt, verläßt die Logik den Entschei-

dungsblock **1226** durch die NEIN-Ausgabe und kommt bei einem Block **1228** an. Block **1228** ist eine Darstellung dafür, daß die Primärpumpe defekt ist. Von Block **1228** läuft die Logik zu Block **1218**, um eine Nachricht zu senden, die den Ausfall des Primärwärmetauschers mitteilt. In diesem Fall könnte die Logik zum Startblock **1210** zurückkehren, da der Verlust an Kühlwasser durch einen Defekt an einem Seewasserwartungssystem verursacht worden sein kann. Da die Wärmepumpe nicht wirklich der Grund für den Fehler war und sie „defekt“ nur aus Selbstschutzzweck berichtet, sobald das Seewasserwartungssystem wiederhergestellt ist, ist der Wärmetauscher vollständig in der Lage, eingesetzt zu werden. Man kann sich einen kaskadierenden Fehler durch das System der weiteren sekundären vorstellen, wobei jeder versucht, primär zu werden und jeder findet, daß es kein Kühlmedium gibt. Diese Eventualität könnte eingedämmt werden, indem ein Stop aufgebaut wird, der dem System ermöglichen würde, neu zu starten, wenn der Fluß wiederhergestellt ist. Jedoch sind solche Überlegungen mehr darauf gerichtet, wie ein spezifisches System gestaltet wäre, um schlechter zu werden.

[0067] Unter der Annahme, daß der Entscheidungsblock **1226** von [Fig. 12](#) feststellt, daß Wärmetauscherflüssigkeit verfügbar ist, läuft die Logik über seine JA-Ausgabe zu einem Block **1230**, der das Anschalten der an der Logik angeschlossenen Wärmepumpe darstellt. In einigen Fällen wird die Wärmepumpe nur Kühlen oder nur Heizen bereitstellen, so daß keine Notwendigkeit besteht, zu spezifizieren, was durchgeführt werden muß. Andererseits kann es Situationen geben, in denen die Temperatur über oder unter den Stellpunkt tendiert, und in dieser Situation muß eine zusätzliche Bestimmung (nicht dargestellt) durchgeführt werden, um die Richtung des Wärme-flusses durch den Wärmetauscher zu bestimmen. Von Block **1230** läuft die Logik zu einem Block **1232**, der das Senden einer Nachricht über das Netzwerk des Inhalts, daß die Primärpumpe AN ist, und falls notwendig der Richtung des Wärmepumpens darstellt. Von Block **1232** läuft die Logik zu einem weiteren Entscheidungsblock **1234**, der ein gewisses Kriterium untersucht, um zu entscheiden, ob die Wärmepumpe arbeitet. Wenn die Wärmepumpe trotz des in Block **1230** eingestellten AN-Signals oder -Status nicht arbeitet, verläßt die Logik den Entscheidungsblock **1234** durch die NEIN-Ausgabe und läuft zu Block **1228**, um den angeschlossenen Wärmetauscher als defekt einzustufen und den Bericht über diesen Status einzuleiten. Dieser Fall würde wahrscheinlich nicht korrigiert werden, bis Wartungspersonal die Einheit überprüft hätte und das „defekt“-Flag als einen letzten Schritt der Reparatur zurückgesetzt hätte.

[0068] Unter der Annahme, daß der Wärmetauscher in der Folge der Anschaltverfügung durch

Block **1230** von [Fig. 12](#) begonnen hätte, korrekt zu funktionieren, verläßt die Logik den Entscheidungsblock **1234** durch die JA-Ausgabe und kommt bei einem weiteren Entscheidungsblock **1236** an, der die Verbindung mit dem Netzwerk untersucht oder überprüft. Eine solche Überprüfung könnte durchgeführt werden, indem eine Nachricht an das Netzwerk gesandt wird und eine Antwortnachricht angefordert wird, und die Verbindung als unterbrochen eingestuft wird, wenn nicht eine Antwort rechtzeitig empfangen wird, oder sie könnte durchgeführt werden, indem einfach der Empfang normalen Netzwerkverkehrs berücksichtigt wird. Wenn eine Verbindung mit dem Netzwerk als richtig vorhanden eingestuft wird, verläßt die Logik den Entscheidungsblock **1236** durch die JA-Ausgabe und läuft über die Logikstrecke **1238** zurück zu einer Eingabe des Entscheidungsblocks **1212**, um eine weitere Logik-Iteration zu starten. Wenn die Netzwerkverbindung als defekt eingestuft wird, verläßt die Logik den Entscheidungsblock **1236** über die NEIN-Ausgabe und läuft zu einem weiteren Entscheidungsblock **1240**. Der Entscheidungsblock **1240** bestimmt durch Untersuchen eines Start- oder Iterationsflags, ob die momentane Iteration die erste Iteration nach dem Start des Systems ist. Beim Start wird das Flag eingestellt. Falls das Flag eingestellt ist, verläßt die Logik den Entscheidungsblock **1240** durch die JA-Ausgabe und kommt bei einem das Rücksetzen des Flags darstellenden Block **1242** an, so daß das Flag bei der nächstfolgenden Iteration NICHT_ERSTE_ITERATION sein wird. Von Block **1242** kehrt die Logik über die Strecke **1238** zum Entscheidungsblock **1212** zurück. Wenn die Logik sich in ihrer zweiten oder einer folgenden Iteration befindet, wird das Flag des Blocks **1242** zurückgesetzt sein, und die Logik wird den Entscheidungsblock **1240** über die NEIN-Ausgabe verlassen. Von der NEIN-Ausgabe des Entscheidungsblocks **1240** läuft die Logik zu einem ersten Entscheidungsblock **1244** einer Kaskade **1243** von Entscheidungsblöcken. Kaskade **1243** vergleicht den im Speicher gespeicherten Kontext mit einer Mehrzahl verschiedener Kontexte, um zu bestimmen, welche Maßnahme zu ergreifen ist, falls die angeschlossene Wärmepumpe defekt ist oder falls die Netzwerkverbindung defekt ist. Wie dargestellt umfaßt die Kaskade **1243** wenigstens die Entscheidungsblöcke **1244** und **1246**. Entscheidungsblock **1244** vergleicht das momentane Statusflag mit dem „Dock“-Status, und Entscheidungsblock **1246** vergleicht das aktuelle Statusflag mit dem „Gefecht“-Status. Die Logik läuft durch die Kaskade **1243** und weicht von der Kaskade ab, wenn der momentane Status gleich dem Status ist, auf den ein Entscheidungsblock reagiert. Unter Dock-Bedingungen verläßt die Logik den Entscheidungsblock **1244** durch die JA-Ausgabe und läuft zu Block **1248**, der die angeschlossene Wärmepumpe auf einen AUS-Status einstellt. Unter Gefechtsbedingungen verläßt die Logik den Entscheidungsblock **1246** durch seine JA-Ausgabe und läuft zu einem Block

1250, der die Wärmepumpe auf „kühlen“ oder „heizen“ auf AN einstellt, was für Gefechtsbedingungen geeignet sein kann. Von einem der Blöcke **1248** oder **1250** oder einem Zwischenblock läuft die Logik zu einem Block **1252**, der das Senden einer Statusnachricht über das Netzwerk darstellt. Von Block **1252** kehrt die Logik über eine Logikstrecke **1254** zum START-Block **1210** zurück. Die Statusnachricht wird trotz des Berichts über den Defekt des Netzwerks aufgrund der Möglichkeit gesendet, daß nur die hereinlaufenden Nachrichten blockiert werden und nicht die hinauslaufenden.

[0069] [Fig. 13](#) ist ein vereinfachtes Ablaufdiagramm oder -schaltbild, das eine Logik zum Bestimmen, ob der angeschlossene Wärmetauscher vom SEKUNDÄREN zum PRIMÄREN Status umschalten sollte, darstellt. Die Logik von [Fig. 13](#) ist im allgemeinen ähnlich zu der von [Fig. 9](#), und Elemente, die denjenigen von [Fig. 9](#) entsprechen, sind mit denselben Bezugszeichen in der 1300er-Reihe statt in der 900er-Reihe bezeichnet. [Fig. 13](#) stellt einen weiteren Bereich der Logik oder einer Fortsetzung der Logik von [Fig. 12](#) dar, und somit arbeiten beide Logikabläufe der [Fig. 12](#) und [Fig. 13](#) in Verbindung mit nur einem angeschlossenen Wärmetauscher. Wie oben beschrieben, erreicht die mit [Fig. 12](#) verknüpfte Logik beim Start Knoten A, falls der angeschlossene Wärmetauscher nicht als der primäre Wärmetauscher eingestuft ist. Der Logikablauf tritt in das Ablaufschaltbild von [Fig. 13](#) vom Knoten A ein, der den Anfang des Logikablaufs für einen sekundären Wärmetauscher darstellt, das bedeutet einen Wärmetauscher, bei dem der interne Speicher der angeschlossenen Regelung oder des angeschlossenen Programms ihn als sekundär (oder wenigstens nicht-primär) einstuft. Vom Knoten A von [Fig. 13](#) läuft die Logik weiter zum Entscheidungsblock **1310**. Der Entscheidungsblock **1310** bestimmt, ob eine PRIMÄR DEFEKT-Nachricht empfangen wurde. Dies wird dadurch durchgeführt, daß einfach eine solche Nachricht in den Speicher gegeben wird, wenn sie empfangen wird, und die Nachricht, falls sie vorliegt, in Reaktion auf die Ankunft der Logik beim Entscheidungsblock **1310** entnommen wird. Falls der primäre Wärmetauscher, wie durch ein Fehlen einer PRIMÄR DEFEKT-Nachricht angezeigt, nicht defekt ist, verläßt die Logik den Entscheidungsblock **1310** über die NEIN-Ausgabe und läuft zum Knoten C. Andererseits verläßt die Logik, falls vom primären Wärmetauscher berichtet wird, daß er defekt ist, den Entscheidungsblock **1310** durch die JA-Ausgabe, und die Logik läuft zu einem Block **1312**. Block **1312** stellt das Starten eines Zufallsintervall-Timers dar. Der Zweck des Zufallstimers ist, unter den vielen momentan sekundären Wärmetauscher/Programm-Kombinationen zu unterscheiden, von denen eine diejenige ist, die beschrieben wird, und die potentiell den primären Status annehmen könnten, falls der primäre Wärmetauscher defekt ist. Um zu verhindern, daß sich alle potentiellen

sekundären Wärmetauscher gleichzeitig als primär einstellen, wird nur zugelassen, daß der eine der sekundären Wärmetauscher, bei dem das Zählen des Zufallstimers als erstes endet oder Null erreicht, primär wird. Dies wird durch die Logik der Entscheidungsblöcke **1314** und **1316** zusammen mit einer Strecke von der NEIN-Ausgabe der Entscheidungsblöcke **1316** zu einer Eingabe des Entscheidungsblöcke **1314** erreicht. Insbesondere sucht der Entscheidungsblock **1314** während des Intervalls, während dem der Zähler **1312** abwärts zählt, nach einer „ICH BIN PRIMÄR“-Nachricht vom Netzwerk. Falls eine solche Nachricht vor dem Ende des Zählers des Zählers **1312** empfangen wird, bedeutet dies, daß ein anderer Wärmetauscher im System den primären Status angenommen hat und der mit dieser Version der Logik verknüpfte Wärmetauscher nicht einen solchen Status annehmen muß. Die Logik verläßt in einer solchen Situation den Entscheidungsblock **1314** durch die JA-Ausgabe und läuft zu Knoten B weiter. Durch das Laufen zu Knoten B bleibt der angeschlossene Wärmetauscher im „SEKUNDÄR“-Status oder in der „SEKUNDÄR“-Bedingung. Falls andererseits keine „ICH BIN PRIMÄR“-Nachricht vor dem Ende des Zählens des Zählers **1312** empfangen wird, verläßt die Logik den Entscheidungsblock **1314** durch die NEIN-Ausgabe und läuft weiter zum Entscheidungsblock **1316**. Vom Entscheidungsblock **1316** läuft die Logik zu Block **1318**, der den angeschlossenen Wärmetauscher als primär einstuft und den verknüpften Status im lokalen Speicher auf PRIMÄR einstellt. Vom Block **1318** läuft die Logik zu einem Block **1320**, der eine „ICH BIN PRIMÄR“-Nachricht über das Netzwerk sendet, um dabei alle anderen sekundär-Status-Wärmetauscher in ihrem sekundären Zustand zu halten. Von Block **1320** läuft die Logik zu Knoten B.

[0070] **Fig. 14** ist ein vereinfachtes Logikablaufdiagramm oder -schaltbild, das eine alternative Anordnung zur Statusänderung des angeschlossenen Wärmetauschers vom SEKUNDÄREN zum PRIMÄREN Status darstellt. **Fig. 14** ist ähnlich zu **Fig. 10**, und entsprechende Elemente sind mit gleichen Bezugszeichen in der 1400er-Reihe statt in der 1000er-Reihe bezeichnet. In **Fig. 14** kommt die Logik bei einem Entscheidungsblock **1310** vom Knoten A an. Der Entscheidungsblock **1310** übt dieselbe Funktion aus wie in **Fig. 13**. Falls der primäre Wärmetauscher nicht defekt ist, verläßt die Logik den Entscheidungsblock **1310** über die NEIN-Strecke und läuft weiter zu Knoten C, wie in Verbindung mit **Fig. 13** beschrieben. Falls der primäre Wärmetauscher nicht defekt ist, verläßt die Logik den Entscheidungsblock **1310** über die JA-Ausgabe und kommt bei einem weiteren Entscheidungsblock **1410** an, der bestimmt, ob der angeschlossene Wärmetauscher derjenige mit der niedrigsten (höchsten) Anzahl von Stunden ist. Dies wird dadurch erreicht, daß einfach die gespeicherten Stunden-Informationen der verschiedenen

Wärmetauscher (die Informationen werden über das Netzwerk empfangen) in aufsteigender oder absteigender Reihenfolge eingeordnet werden. Falls der angeschlossene Wärmetauscher der am höchsten oder am niedrigsten eingeordnete ist, wie ausgewählt werden kann, verläßt die Logik den Entscheidungsblock **1410** durch die JA-Ausgabe und läuft weiter zu den Blöcken **1318** und **1320**, denjenigen von **Fig. 13** entsprechend, und von dort zu Knoten B, nachdem erklärt wurde, daß der angeschlossene Wärmetauscher primär ist. Falls der angeschlossene Wärmetauscher nicht der am höchsten eingeordnete ist (das heißt, der die größte oder kleinste Anzahl Stunden aufweist), ist ein anderer Wärmetauscher am höchsten eingeordnet und sollte seine eigene „ICH BIN PRIMÄR“-Nachricht senden. Es könnte passieren, daß der als nächster eingeordnete Wärmetauscher vollständig zerstört wird, was dazu führen könnte, daß die Logik von **Fig. 14** dasitzt und auf das Auftreten einer „ICH BIN PRIMÄR“-Nachricht von einem weiteren Wärmetauscher wartet, die nie ankommen würde. Falls der Entscheidungsblock **1410** feststellt, daß der angeschlossene Wärmetauscher nicht der am höchsten oder niedrigsten eingeordnete ist, tritt die Logik durch die NEIN-Ausgabe hinaus und kommt bei einem Block **1412** an, der die Einordnung (x) des angeschlossenen Wärmetauschers unter allen anderen verfügbaren sekundären Wärmetauschern (Y) bestimmt. Dies legt fest, wieviele potentielle sekundäre Wärmetauscher nacheinander versuchen würden, primär zu werden, bevor der momentane sich selbst zum primären erklären sollte. Zu diesem Zweck wird ein interner Timer **1414** auf ein Zeitintervall $x(t)$ eingestellt, wobei t ein gewisses Intervall ist, das eingestuft ist, ausreichend für alle sekundären Wärmetauscher zu sein, seine oder ihre primäre Eigenschaft erklären. Somit wäre, falls der angeschlossene Wärmetauscher der als dritter eingeordnete von vier sekundären Wärmetauschern wäre, das beim angeschlossenen Timer eingestellte Zeitintervall $3t$ (wobei t 1 Millisekunde sein könnte, obwohl es erwünscht sein kann, 1 Sekunde zu verwenden, wenn es sich um relativ langsame Prozessoren und Netzwerke handelt), was die geschätzte Zeit darstellt, die für einen einzelnen sekundären Wärmetauscher erforderlich ist, um zu erklären, daß er primär ist. Von Block **1414** läuft die Logik dann weiter zu einem Block **1416**, der den Timer startet. Zum Ende der Zeitdauer tritt die Logik in einen Logikschaltkreis ein, der die Entscheidungsblöcke **1314** und **1316** umfaßt, die über eine Strecke **1317** wie in Verbindung mit **Fig. 13** beschrieben zusammenwirken, um die Logik zu Knoten B zu leiten, falls vor dem Ende des Timerzählens eine „ICH BIN PRIMÄR“-Nachricht empfangen wird, und um die Logik zu den Blöcken **1318** und **13113** zu leiten, falls das Zählen endet, bevor eine solche Nachricht empfangen wird. Somit kann jede der verschiedenen sekundären Wärmetauscher nacheinander versuchen, sich selbst als primär zu erklären, falls der momentane primäre Wärmetauscher

defekt ist.

[0071] [Fig. 15](#) ist ein vereinfachtes Logikdiagramm oder -schaltbild, das den Logikablauf eines Abschnitts der Regellogik darstellt, der an derjenigen von [Fig. 12](#) und derjenigen von entweder [Fig. 13](#) oder [Fig. 14](#) angeschlossenen ist. Die Verarbeitung kann am Logiknetzwerk der [Fig. 15](#) nur von einem C-Knoten der [Fig. 13](#) oder [Fig. 14](#) ankommen, was nur auftritt, falls der angeschlossene Wärmetauscher sekundär ist. In dem Fall, in dem es nur zwei Wärmetauscher gibt, die eine spezifische geregelte Umgebung versorgen, ist es ausreichend, die zwei Wärmetauscher als „primär“ und „sekundär“ zu identifizieren, wobei der primäre Wärmetauscher verwendet wird, um die Umgebung zu regeln, und der sekundäre Wärmetauscher falls notwendig den primären unterstützt oder ihn ersetzt, falls der primäre Wärmetauscher nicht-betriebsfähig wird. Wo es mehr als zwei Wärmetauscher gibt, die eine gegebene geregelte Umgebung versorgen, muß es eine zusätzliche Differenzierung zwischen den mehrfachen sekundären Wärmetauschern geben, so daß, wenn die Umgebungsregelungslast schwerer wird, die Mehrfachwärmetauscher nacheinander in Betrieb gehen, statt alle gleichzeitig. Wenn sie alle gleichzeitig in Betrieb gehen würden, könnten sie oder richtiger sollten sie als ein einziger sekundärer Wärmetauscher betrachtet werden, der aus mehrfachen, parallel geschalteten Einheiten aufgebaut ist.

[0072] Wenn der angeschlossene Wärmetauscher sekundär ist, kommt die Logik bei einem Zufallstimerblock **1510** von [Fig. 15](#) an und löst den Zufallstimer aus. Der Entscheidungsblock **1512** bestimmt in Verbindung mit dem Entscheidungsblock **1514**, ob über das Netzwerk von einem weiteren Wärmetauscher in dem Intervall, seit der Timer **1510** gestartet wurde, ein „ICH BIN SEKUNDÄR“ angekommen ist. Wenn ein anderer Wärmetauscher sich selbst für sekundär erklärt hat, verläßt die Logik den Entscheidungsblock **1512** durch die JA-Ausgabe und läuft über Knoten B zurück, um eine weitere Iteration zu starten. In diesem Zustand ist der angeschlossene Wärmetauscher NICHT PRIMÄR und NICHT SEKUNDÄR. Wenn sich kein anderer Wärmetauscher für SEKUNDÄR erklärt hat, während der Timer **1510** zählte, verläßt die Logik den Entscheidungsblock **1514** durch die JA-Ausgabe und kommt bei einem Block **1516** an. Block **1516** stellt die Einstellung des Status des angeschlossenen Wärmetauschers auf SEKUNDÄR durch Einstellen eines Speicher-Flags dar. Von Block **1516** läuft die Logik zu einem Block **1518**, die das Senden einer „ICH BIN SEKUNDÄR“-Nachricht über das Netzwerk darstellt. Von Block **1518** läuft die Logik weiter zu einem Entscheidungsblock **1520**. Der Entscheidungsblock **1520** bestimmt, ob der angeschlossene Wärmetauscher sekundär ist, was wie bisher beschrieben immer der Fall sein wird, da der Status gerade in Block **1516** eingestellt wurde. Der Status

des angeschlossenen Wärmetauschers kann jedoch anders als sekundär sein, wenn die Logik bei Block **1520** von der zurückgeschleiften Logikstrecke **1522** ankommt. Wenn der momentane Status NICHT SEKUNDÄR ist, verläßt die Logik den Entscheidungsblock **1520** über die NEIN-Strecke und läuft weiter zu Knoten B, von dem sie die Logik der [Fig. 15](#) verläßt. Falls andererseits der momentane Status SEKUNDÄR ist, verläßt die Logik den Entscheidungsblock **1520** durch die JA-Ausgabe und kommt bei einem Entscheidungsblock **1524** an. Der Entscheidungsblock **1524** vergleicht das detektierte Umgebungssignal (Temperatur, Feuchtigkeit oder dergleichen, empfangen über das Netzwerk) mit dem Stellpunkt, um zu bestimmen, ob das Ziel erreicht wurde. Falls das Ziel erreicht wurde, läuft die Logik weiter durch die JR-Ausgabe des Blocks **1524** zu einem weiteren Block **1526**, der das Einstellen der angeschlossenen Wärmepumpe auf AUS darstellt, und die Logik läuft dann weiter zu einem Block **1528**, der das Senden einer Netzwerknachricht darstellt, die anzeigt, daß die sekundäre Wärmepumpe AUS ist. Falls andererseits das Ziel nicht erreicht wurde, verläßt die Logik den Entscheidungsblock **1524** durch die NEIN-Ausgabe und läuft weiter zu einem Entscheidungsblock **1530**, der prüft, um zu sehen, ob das Netzwerk berichtet hat, daß der primäre Wärmetauscher AN ist, und ob eine solche Nachricht nicht empfangen wurde, verläßt die Logik den Entscheidungsblock **1530** durch die NEIN-Ausgabe. Von der NEIN-Ausgabe des Entscheidungsblocks **1530** kommt die Logik bei Entscheidungsblock **1532** an. Wenn die Logik Entscheidungsblock **1532** erreicht, ist das Ziel nicht erreicht worden und vom primären Wärmetauscher wurde nicht berichtet, daß er AN ist. Der Entscheidungsblock **1532** prüft, ob die angeschlossene Wärmepumpe und die Regelung mit dem Netzwerk verbunden sind, was, falls sie es nicht sind, darauf hinweist, daß die Nachricht nicht empfangen wurde, daß die primäre Wärmepumpe AN ist. Eine solche Prüfung könnte durchgeführt werden, indem eine Nachricht an das Netzwerk gesandt wird, indem eine Antwortnachricht angefordert wird und die Verbindung als unterbrochen eingestuft wird, falls keine pünktliche Antwort empfangen wird, oder sie einfach durchgeführt werden, indem der Empfang normalen Netzwerkverkehrs festgestellt wird. Falls der Entscheidungsblock **1532** feststellt, daß die angeschlossene Regelung mit dem Netzwerk verbunden ist, muß die primäre Pumpe tatsächlich AUS sein, oder kann vom Netzwerk getrennt sein. Die Logik verläßt Entscheidungsblock **1532** durch die JA-Ausgabe und läuft zu einem Block **1534**, der das Senden einer Netzwerknachricht „primär defekt“ darstellt. Von Block **1534** läuft die Logik zu einem Block **1536**, der den Status des angeschlossenen Wärmetauschers auf PRIMÄR einstellt. Von Block **1536** läuft die Logik zu Block **1538**, der das Senden der Netzwerknachricht „ICH BIN PRIMÄR“ darstellt. Von Block **1538** läuft die Logik zu Knoten B, um eine weitere Iteration der Logik von [Fig. 12](#) zu be-

ginnen.

[0073] Falls der Entscheidungsblock **1530** von [Fig. 15](#) eine Nachricht empfangen hat, daß die Primärpumpe AN ist, muß das Mißlingen, das Ziel zu erreichen, ungenügender Wärmepumpenkapazität zuzuschreiben sein oder normaler Verzögerung, während die primäre Wärmepumpe Wärme entzieht oder zuführt, um die eingestellte Temperatur zu erreichen. Von Block **1530** tritt die Logik durch die JA-Ausgabe aus und kommt bei einem Entscheidungsblock **1540** an. Block **1540** untersucht eine gespeicherte oder gemerkte Aufnahme der Werte der geregelten Variable und möglicherweise des Stellpunkts über die Zeit, um in einer beliebigen von einer Anzahl von Vorgehensweisen zu bestimmen, ob die Leistung der primären Wärmepumpe zufriedenstellend ist. Eine mögliche Vorgehensweise, eine solche Bestimmung durchzuführen, ist, die Änderungsrate der Temperatur oder Feuchtigkeit zu bestimmen und die Änderungsrate mit einem Änderungsraten-Stellpunkt-Wert zu vergleichen. Somit kann, wenn die Änderungsrate der Temperatur beispielsweise 1 E pro Stunde ist, die Last auf der primären als nicht übermäßig eingestuft werden, aber jede niedrigere Änderungsrate würde zusätzliche Kapazität benötigen. Falls die Änderungsrate als ausreichend eingestuft wird, verläßt die Logik den Entscheidungsblock **1540** durch die JA-Ausgabe und läuft weiter zu Block **1526**, der den angeschlossenen sekundären Wärmetauscher AUS-schaltet. Falls andererseits die Änderungsrate bei AN-geschaltetem primärem Wärmetauscher ungenügend ist, verläßt die Logik den Entscheidungsblock **1540** durch die NEIN-Ausgabe und kommt bei einem Entscheidungsblock **1542** an, der die Eignung des angeschlossenen Wärmetauschers für die Nutzleistung testet. Dies kann durch Testen des Vorliegens von Wärmetauschmedium durchgeführt werden. Wenn das primärer-Wärmetauscher-Medium für die angeschlossene Wärmepumpe verfügbar ist, wie beispielsweise die Zirkulation von Wasser oder der Betrieb eines Ventilators, stuft der Entscheidungsblock **1542** den angeschlossenen Wärmetauscher als geeignet für den Betrieb ein, und die Logik tritt durch die JA-Ausgabe aus. Von der JA-Ausgabe des Entscheidungsblocks **1542** läuft die Logik zu einem Block **1544**, der das AN-Schalten oder Stromversorgen des angeschlossenen Wärmetauschers, je nachdem was paßt, zum Heizen oder Kühlen darstellt, um dazu beizutragen, mit der Umgebungslast umzugehen. Von Block **1544** läuft die Logik zu einem Logikblock **1546**, der das Senden einer Netzwerknachricht „SEKUNDÄR AN“ darstellt. Von Block **1546** läuft die Logik zu einem Entscheidungsblock **1548**, der ein spezifisches Kriterium verwendet, um zu prüfen, daß der angeschlossene Wärmetauscher AN ist, zum Beispiel durch Verwendung eines Temperatursensors an der Ausgabe des Wärmetauschers. Wenn der Wärmetauscher nicht AN ist, wie durch den Sensor bestimmt, verläßt die Logik den Entscheidungs-

block **1548** durch die NEIN-Ausgabe und kommt bei einem Block **1550** an. Block **1550** stellt die Einstellung des Status der angeschlossenen sekundären Wärmepumpe als DEFEKT dar. Block **1552** stellt das Senden der „SEKUNDÄR DEFEKT“-Status-Nachricht dar. Die Logik geht von Block **1552** nirgends hin, da der angeschlossene Wärmetauscher nicht arbeitet und vermutlich einen Menschen braucht, der sich um ihn kümmert. Andere Philosophien erfordern möglicherweise ein weiteres Leiten der Logik.

[0074] In [Fig. 15](#) verläßt die Logik den Entscheidungsblock **1548** durch die JA-Ausgabe, wenn die angeschlossene sekundäre Wärmepumpe arbeitet, wie durch den Sensor angezeigt. Von der JA-Ausgabe des Blocks **1548** kommt die Logik bei einem „Netzwerk verbunden?“-Entscheidungsblock **1554** an. Wenn der angeschlossene Wärmetauscher mit dem Netzwerk verbunden ist, verläßt die Logik den Entscheidungsblock **1554** durch die JA-Ausgabe und läuft durch die Logikstrecke **1522** zurück zum Block **1520**. Wenn die angeschlossene Wärmepumpe nicht mit dem Netzwerk verbunden ist, verläßt die Logik den Entscheidungsblock **1554** durch die NEIN-Ausgabe und läuft weiter zu einer Kaskade **1555** der Entscheidungsblöcke **1556**, ..., **1558**, von denen jeder den momentanen Betriebsmodus mit vorher zugeordneten Betriebsmoden vergleicht, wie allgemein in Verbindung mit der ähnlichen Kaskade **1243** der [Fig. 12](#) beschrieben. In [Fig. 15](#) wählt die Kaskade **1555** den momentanen Betriebsmodus (zuletzt über das Netzwerk empfangen) aus, wobei die verschiedenen Optionen von der Kaskade geliefert werden, und leitet die Logik zu einem der Blöcke **1560**, ..., **1562** einer Gruppe **1559** von Blöcken. Jeder Block der Gruppe **1559** stellt die Einstellung des Betriebsstatus des angeschlossenen Wärmetauschers auf die vorher als für eine Netzwerkverbindungstrennung im letzten bekannten Betriebsmodus geeignet eingestufte dar. Von der Gruppe **1559** der Blöcke **1560**, ... **1562** läuft die Logik zu einem Block **1564**, der die Übertragung des momentanen Status über das Netzwerk darstellt. Es ist denkbar, daß diese Nachricht von anderen Wärmetauschern des Netzwerks empfangen werden kann, obwohl von der angeschlossenen Wärmetauscherregelung die Verbindung mit dem Netzwerk offensichtlich verloren wurde.

[0075] Andere Ausführungsformen der Erfindung sind für den Fachmann ersichtlich. Zum Beispiel könnten, während die beschriebenen Systeme auf Temperatursignale reagieren, in einem Befeuchtungs- oder Trocknungsmodus betriebene Wärmetauscher auf feuchtigkeitsdarstellende Signale reagieren; ein solches System könnte verwendet werden, um die Feuchtigkeit in einer tabaktrocknenden Scheune zu regeln, wo die Temperatur nicht besonders relevant ist. Während nur ein elektrischer und mechanischer Antrieb des angetriebenen Kühlers beschrieben wurde, ist es denkbar, daß chemisch,

thermisch oder sogar nuklear angetriebene Wärmetauscher verwendet werden könnten, solange die Energiequelle oder die Kopplung der Energie mit dem Wärmetauscher durch ein Regelsignal geregelt werden könnte. Während die Wärmetauscher und Wärmetausch-Baugruppen so beschrieben wurden, daß Flüssigkeit als ein Wärmeübertragungs- oder -kopplungsmedium verwendet wurden, kann stattdessen eine einfache thermische Leitung durch Feststoffe verwendet werden.

[0076] Somit umfaßt eine Wärmepumpe oder Wärmetausch-Baugruppe **(1161)** gemäß einem Aspekt der Erfindung eine an einer angetriebenen Wärmepumpe angeschlossene unabhängige Regelung **(1161c)**. Jede der Wärmepumpen-Baugruppen **(1161)** ist in der Lage, in Verbindung mit einer Mehrzahl anderer derartiger Wärmepumpen-Baugruppen **(1161)** und beim Vorliegen eines Netzwerks **(70)**, das die Wärmepumpen-Baugruppen **(1161)** vernetzt, zu arbeiten. Jede der Wärmepumpen-Baugruppen **(1161)** umfaßt eine angetriebene Wärmepumpe oder einen angetriebenen Wärmetauscher **(1116)** zum Pumpen von Wärme von einem Element der Gruppe bestehend aus einer geregelten Umgebung und einer Wärmesenke (HS) zum anderen Element der Gruppe bestehend aus einer geregelten Umgebung und einer Wärmesenke (HS). Somit kann die angetriebene Wärmepumpe **(1116)** beispielsweise eine Klimaanlage sein, die Wärme von einem Raum zur Außenumgebung pumpt, um die geregelte Umgebung kühl zu halten, oder sie kann eine Wärmepumpe sein, die arbeitet, um Wärme von der Außenumgebung zu pumpen, um den Raum zu heizen. In beiden Fällen ist der Raum die geregelte Umgebung. Natürlich könnte ein Wärmetauscher verwendet werden, um anstelle eines Raums einen Anlagenschrank oder ein besonderes Anlagenteil unter Verwendung von Luft, Wasser oder jedem beliebigen Flüssigkeits-Wärmetauschmedium zu erwärmen oder zu kühlen. Die Energie für die angetriebene Wärmepumpe kann elektrisch oder mechanisch sein, so wie Energie beispielsweise von einem Elektromotor stammen kann, der in Reaktion auf ein elektrisches Regelsignal regelbar sein kann, oder von einem Wasserrad einschließlich einer auf ein Regelsignal reagierenden regelbaren Kupplung. Die Wärmepumpen-Baugruppe **(1161)** umfaßt auch eine einzige Regelung **(1161c)** für die Wärmepumpen-Baugruppe **(1161)** zur Erzeugung des Regelsignals (auf der Strecke **1117**) zum Regeln der angetriebenen Wärmepumpe **(1116)**. Die Regelung **(1161c)** umfaßt ein Speicher-Flag (und somit notwendigerweise einen Speicher für solche Informationen), das den primären oder sekundären Status derjenigen Wärmepumpen-Baugruppe **(1161)** mitteilt, mit der es verknüpft ist. Die Regelung **(1161c)** umfaßt auch einen Verbindungsanschluß **(1161cp)** und einen Speicher oder weiteren Speicherabschnitt **(1161cm)** zum Empfangen (über das Netzwerk **70** vom Sensor **1150**) und

wenigstens vorübergehenden Speichern wenigstens eines Elements aus der Gruppe bestehend aus **(1)** einem Temperaturanzeigesignal, das die Temperatur der geregelten Umgebung mitteilt und **(b)** einem Feuchtigkeitsanzeigesignal, das die Feuchtigkeit der geregelten Umgebung mitteilt. Somit wird erwogen, daß der Wärmetauscher **(1161)** für das Regeln der Temperatur der geregelten Umgebung oder deren Feuchtigkeit oder möglicherweise beidem da sein kann. Die Regelung **(1161c)** bestimmt den primären oder sekundären Status der verknüpften Wärmepumpen-Baugruppe **(1161)** durch Untersuchen des Speicher-Flags und, falls der Status primär ist, startet die verknüpfte angetriebene Wärmepumpe **(1116)** in Reaktion auf einen Vergleich eines Elements aus der Gruppe bestehend aus **(a)** der Temperatur der geregelten Umgebung, wie durch das Temperaturanzeigesignal dargestellt, und **(b)** der Feuchtigkeit der geregelten Umgebung mit einem im Speicher gespeicherten vorbestimmten Stellpunkt. Der Stellpunkt kann über den Verbindungsanschluß **(1161cp)** empfangen werden oder möglicherweise über eine lokale Regelung wie etwa eine Tastatur (KB) und/oder einen Knopf. Wenn andererseits der Status sekundär ist, wird die verknüpfte angetriebene Wärmepumpe **(1116)** in Reaktion auf einen Vergleich eines der Elemente aus der Gruppe bestehend aus **(a)** der Temperatur der geregelten Umgebung, wie durch das Temperaturanzeigesignal dargestellt, und **(b)** der Feuchtigkeit der geregelten Umgebung, wie vom Feuchtigkeitsanzeigesignal dargestellt, mit einem weiteren Feuchtigkeitsstellpunkt (auch vorzugsweise über den Verbindungsanschluß empfangen) gestartet, wobei die Werte des ersten und zweiten Stellpunkts, das heißt, die Werte der Feuchtigkeitsstellpunkte des primären und sekundären Wärmetauschers, gleich sein können. Somit regeln bei diesen Ausführungsformen der Erfindung die Regelungen **(1161c)** der verschiedenen Wärmetausch-Baugruppen **(1161)** unabhängig ihre Wärmetauscher **(1116)** im wesentlichen unabhängig voneinander.

[0077] Bei einer anderen Ausführungsform der Erfindung umfaßt eine Wärmepumpen-Baugruppe **(1161)** eine unabhängige Regelung **(1161)**, die dazu in der Lage ist, in Verbindung mit einer Mehrzahl solcher Wärmepumpen-Baugruppen **(1161)** und beim Vorliegen eines Netzwerks **(70)**, das die Wärmepumpen-Baugruppen **(1161)** vernetzt, zu arbeiten. Die oder jede Wärmepumpen-Baugruppe **(1161)** umfaßt eine angetriebene Wärmepumpe **(1116)**, um Wärme von einem Element aus der Gruppe bestehend aus einer geregelten Umgebung und einer Wärmesenke (HS) zum anderen Element aus der Gruppe bestehend aus einer geregelten Umgebung und einer Wärmesenke (HS) zu pumpen. Die Energie der angetriebenen Wärmepumpe, ob elektrisch oder mechanisch, ist in Reaktion auf ein Regelsignal (auf der Strecke **1117**) regelbar (wie von einem Schalter **1118**). Die Wärmepumpen-Baugruppe **(1161)** umfaßt

eine einzige Regelung (**1161c**) für die Wärmepumpen-Baugruppe (**1161**), um das Regelsignal zum Regeln der verknüpften Wärmepumpe zu erzeugen. Die Regelung (**1161c**) umfaßt oder verarbeitet ein Speicher-Flag, das den primären oder sekundären Status der Wärmepumpen-Baugruppe, mit der es verknüpft ist, mitteilt. Die Regelung (**1161c**) umfaßt auch einen Verbindungsanschluß (**1161cp**) zum Empfangen wenigstens eines Elements aus der Gruppe bestehend aus einem Temperaturanzeigesignal und einem Feuchtigkeitsanzeigesignal, das die Temperatur bzw. die Feuchtigkeit der geregelten Umgebung mitteilt. Im Betrieb bestimmt (**1212**) die Regelung (**1161c**) den primären oder sekundären Status der verknüpften Wärmepumpen-Baugruppe (**1161**) durch Untersuchen des Speicher-Flags und startet, falls der Status primär ist, die verknüpfte angetriebene Wärmepumpe (**1230**) in Reaktion auf einen Vergleich (**1220**) der Temperatur der geregelten Umgebung, wie durch das Temperaturanzeigesignal dargestellt, mit einem vorbestimmten Stellpunkt, der über den Verbindungsanschluß (**1161cp**) empfangen werden kann. Falls der Status sekundär ist, wird die verknüpfte angetriebene Wärmepumpe (**1116**) gestartet in Reaktion auf die Änderungsrate der Temperatur der geregelten Umgebung, wie durch das Temperaturanzeigesignal und das Feuchtigkeitsanzeigesignal, die die Temperatur bzw. die Feuchtigkeit des geregelten-Umgebung-Signals oder möglicherweise beide mitteilen, wobei die Bestimmung (**1542**) durchgeführt wird, nachdem ein Signal empfangen wurde (Anschluß **1161cp**), das den Betrieb wenigstens einer anderen (PRIMÄREN) Wärmepumpen-Baugruppe (**1161**) mitteilt. Im allgemeinen läßt dies zu, daß der Betrieb eines spezifischen der/s sekundären Wärmetauscher/s während eines beliebigen Betriebszyklus verzögert oder vermieden werden kann, falls die Änderungsrate der geregelten Variable (Temperatur oder Feuchtigkeit) in Reaktion auf denjenigen (oder diejenigen) Wärmetauscher, der/die bereits arbeitet/arbeiten, ausreichend ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Regelung einer Mehrzahl von Wärmepumpen-Baugruppen (**1161**), wobei das Verfahren folgende Schritte umfaßt:
Pumpen von Wärme von einem Element aus der Gruppe bestehend aus einer geregelten Umgebung und einer Wärmesenke (HS) an das andere Element aus der Gruppe bestehend aus einer geregelten Umgebung und einer Wärmesenke (HS) mittels einer angetriebenen Wärmepumpe (**1116**), und Regeln der Leistung für die angetriebene Wärmepumpe (**1116**) in Reaktion auf ein Regelsignal (**1117**), **dadurch gekennzeichnet**, daß bei Vorhandensein eines die Wärmepumpen-Baugruppen (**1161**) und eine einzige Regelung (**1161c**) für jede Wärmepumpen-Baugruppe (**1161**) verbindenden Netzwerks (**70**) ein primärer oder sekundärer

Status der angeschlossenen Wärmepumpen-Baugruppe (**1161**) durch Prüfen eines Speicher-Flags (**920**, **1320**) bestimmt wird, und falls der Status primär ist, die angeschlossene angetriebene Wärmepumpe in Reaktion auf einen Vergleich von einem Element aus der Gruppe bestehend aus (a) einem Temperatursignal (**1150**) der geregelten Umgebung und (b) einem Feuchtigkeitssignal (**1150**) der geregelten Umgebung mit einem über einen Verbindungsanschluß (**1161cp**) empfangenen vorbestimmten Stellpunkt gestartet wird, und, falls der Status sekundär ist, die angeschlossene angetriebene Wärmepumpe (**1116**) in Reaktion auf einen Vergleich von dem Element aus der Gruppe bestehend aus (a) dem Temperatursignal (**1150**) der geregelten Umgebung und (b) dem Feuchtigkeitssignal (**1150**) der geregelten Umgebung mit einem weiteren Stellpunkt über den Verbindungsanschluß (**1161cp**) empfangen wird, wobei die Werte des ersten und des zweiten Stellpunkts der Temperatur und der Feuchtigkeit gleich sein können, gestartet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, desweiteren folgenden Schritt aufweisend:

Einstellen des Status der angeschlossenen Wärmepumpe (**1116**) als primär oder sekundär (**812**, **816**, **1212**, **1216**) in Reaktion auf die verstrichene Zeit des Zählens eines Zufallstimers (**912**) bezüglich einer Nachricht (**920**), die mitteilt, daß eine weitere Baugruppe (**1161**) sich als das andere Element aus der Gruppe bestehend aus dem primären und dem sekundären betrachtet.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, desweiteren folgenden Schritt aufweisend:

Befehlen (**1210**) des Sendens einer Nachricht (**522**), die den Status der Baugruppe (**1161**) über den Verbindungsanschluß (**1161cp**) mitteilt.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, desweiteren folgenden Schritt aufweisend:

in wenigstens einem Betriebsmodus selbständiges Bestimmen der zu ergreifenden Maßnahme mittels der Regelung (**1161c**), wenn der Verbindungsanschluß (**1161c**) nicht Nachrichten empfängt, in Reaktion auf einen in Reaktion auf den am Verbindungsanschluß (**1161cp**) zuletzt empfangenen Betriebsmodus ausgewählten Satz vorbestimmter Maßnahmen.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, desweiteren folgenden Schritt aufweisend:

Betätigen der angetriebenen Wärmepumpe (**1116**), wenn im sekundären Modus, mittels der Regelung (**1161c**) in Reaktion auf die Änderungsrate von dem Element aus der Gruppe bestehend aus (a) dem Temperatursignal (**1150**) der geregelten Umgebung und (b) dem Feuchtigkeitssignal (**1150**) der geregelten Umgebung.

Es folgen 14 Blatt Zeichnungen

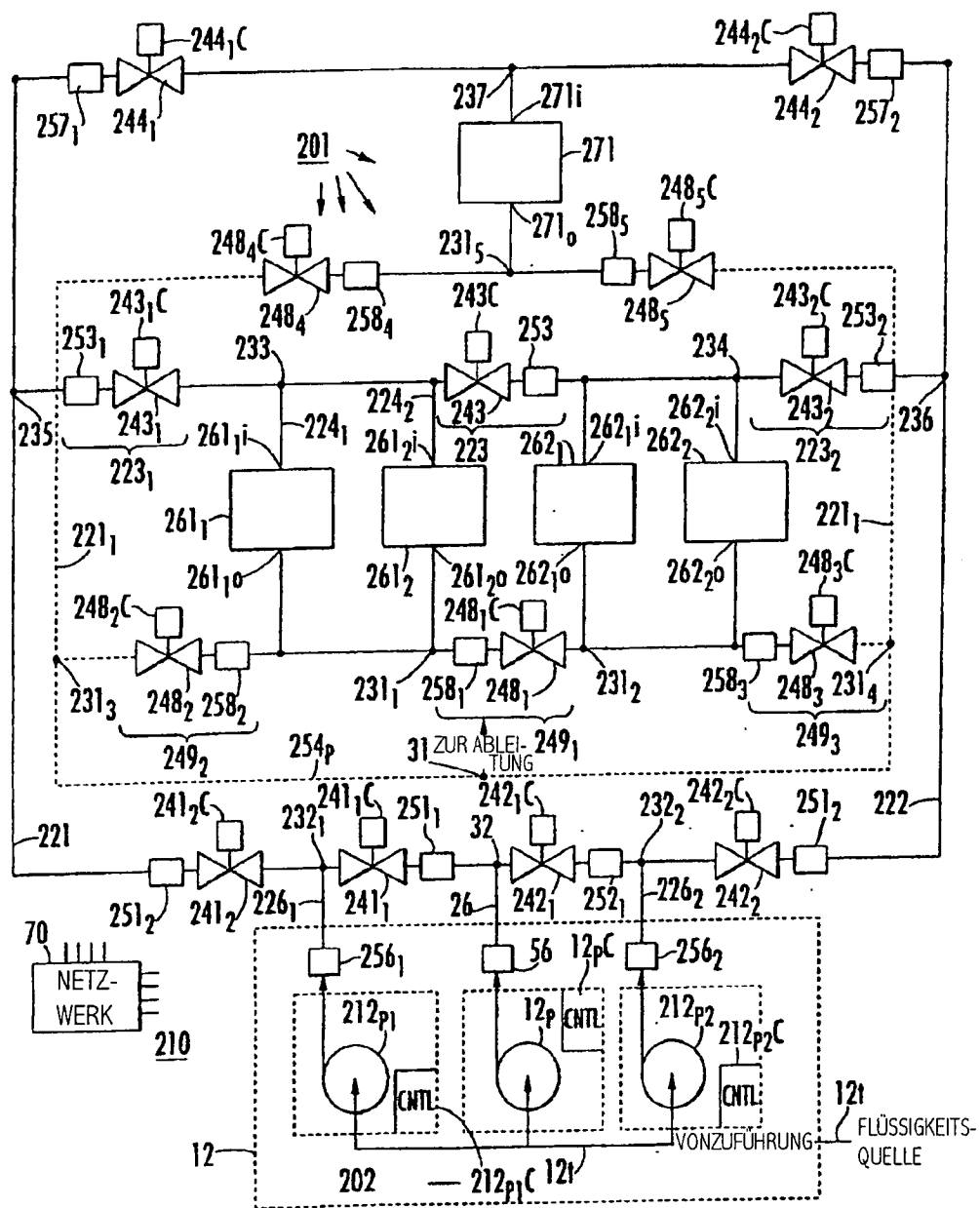


FIG. 2.

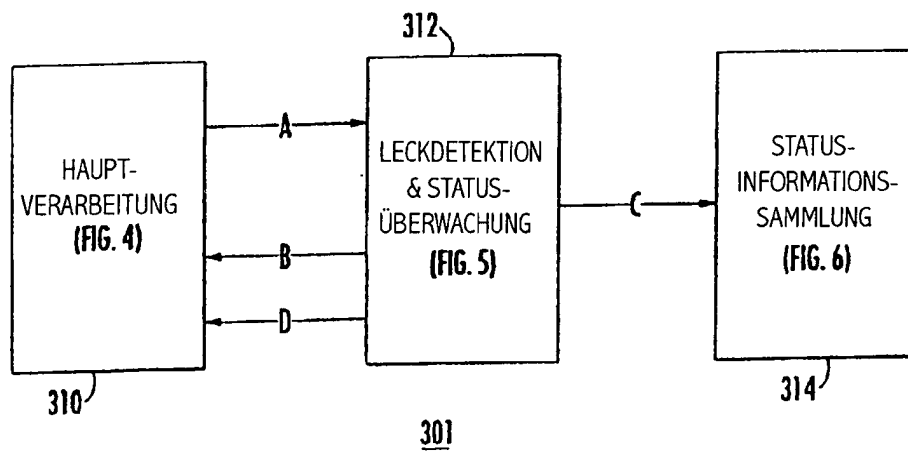
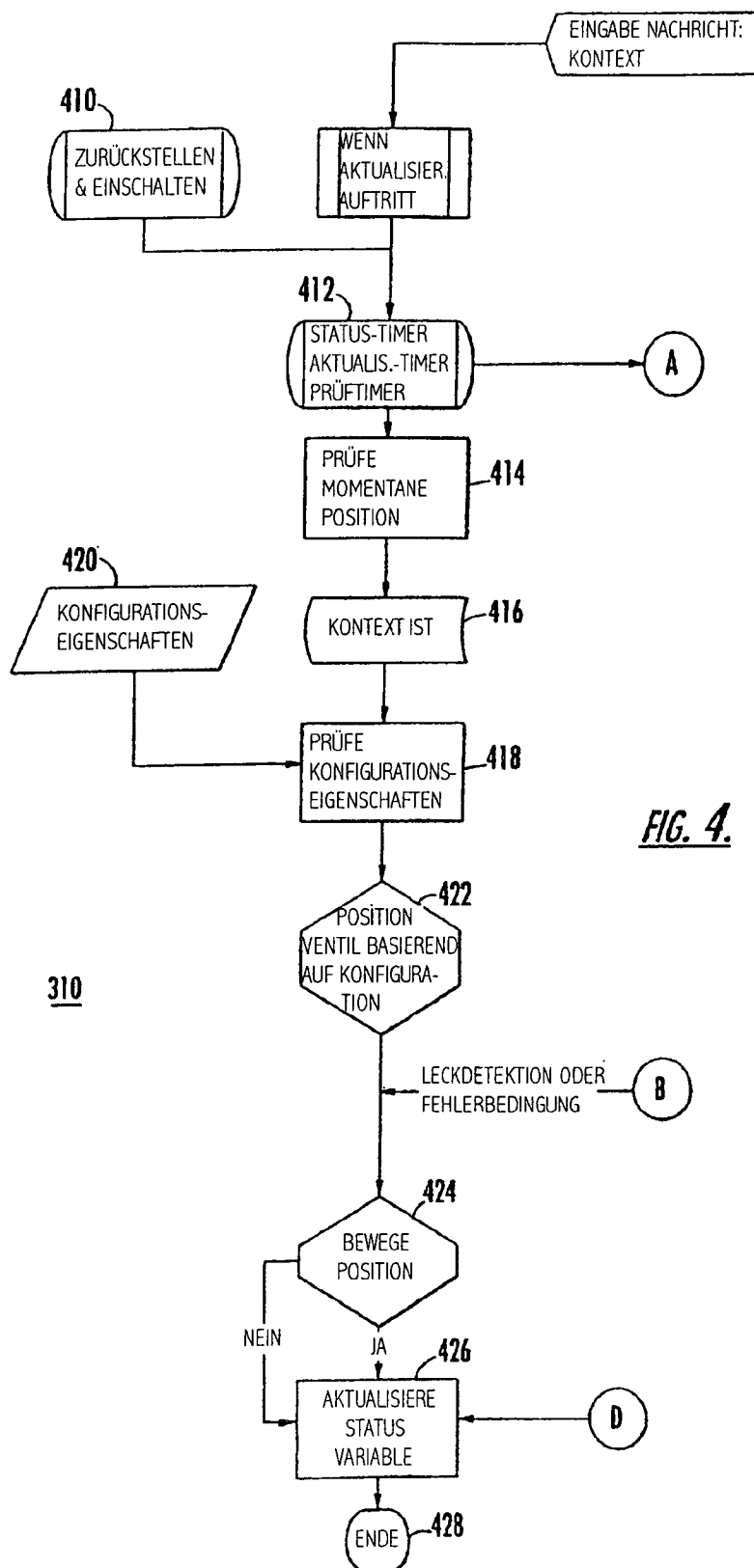
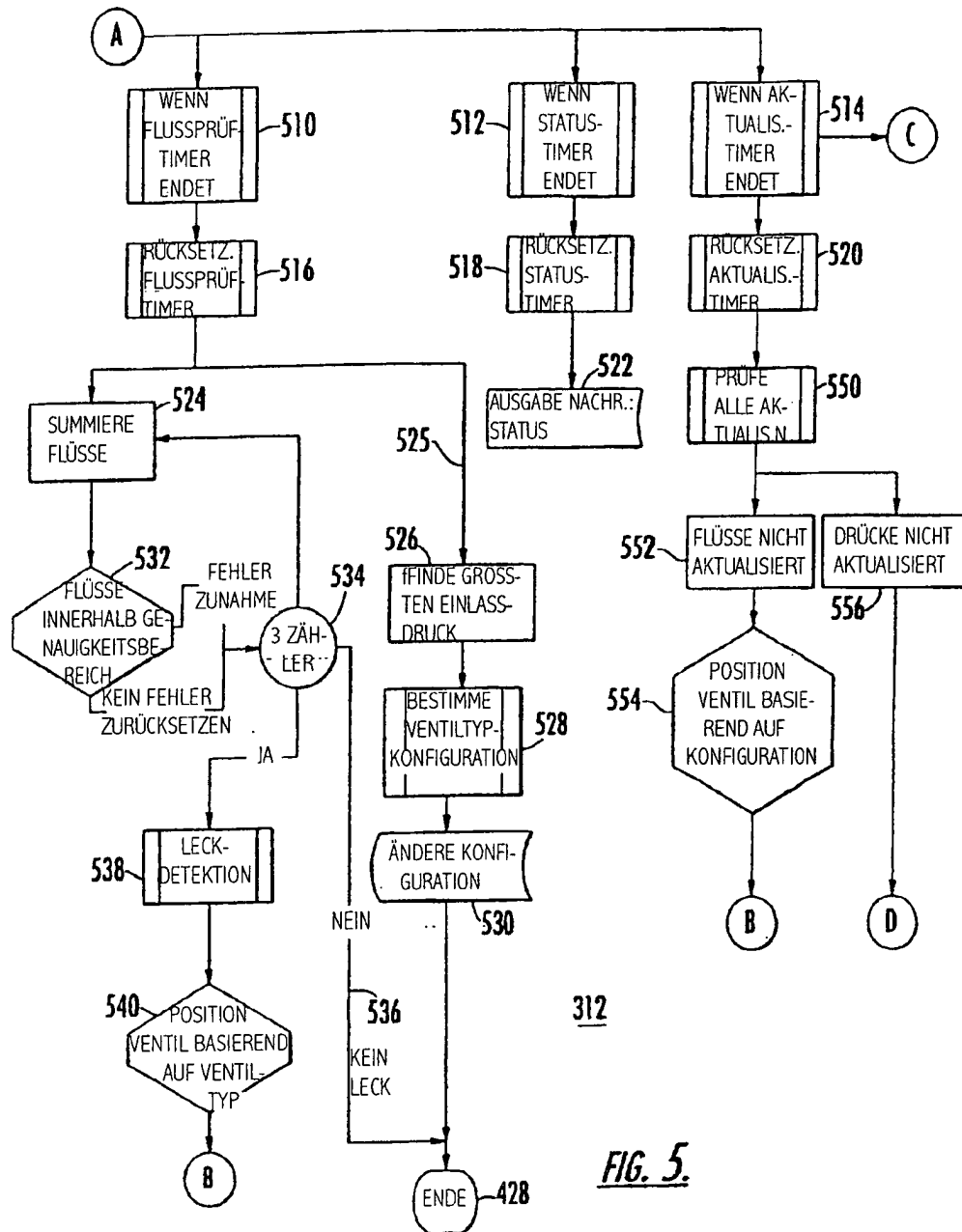


FIG. 3.





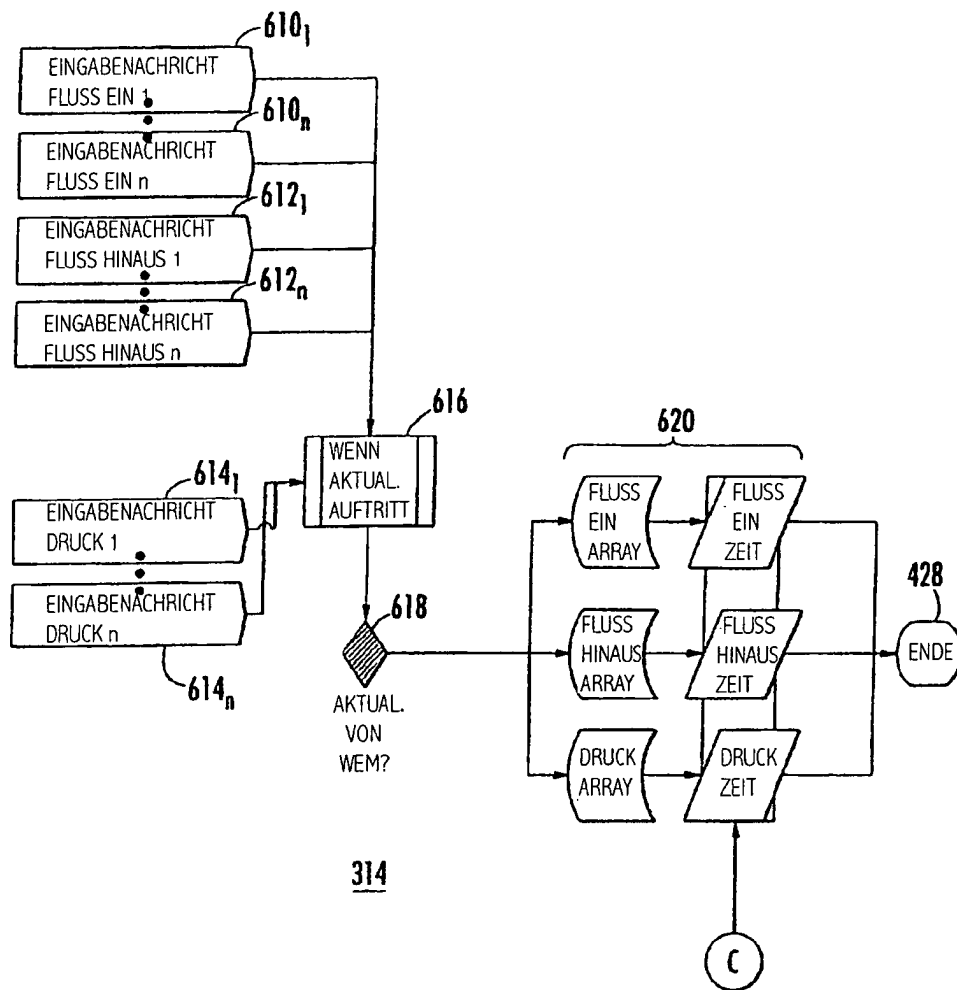


FIG. 6.

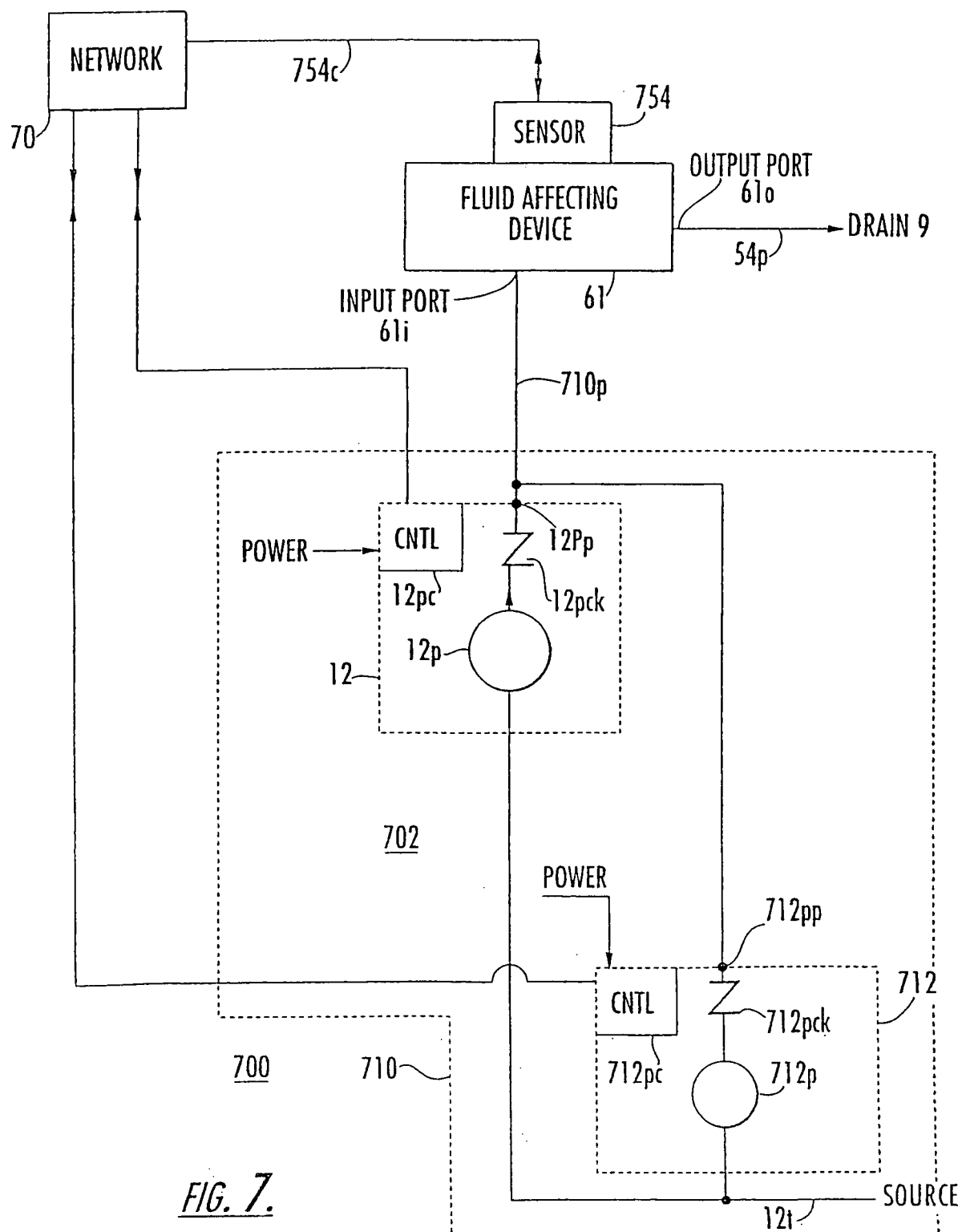


FIG. 7.

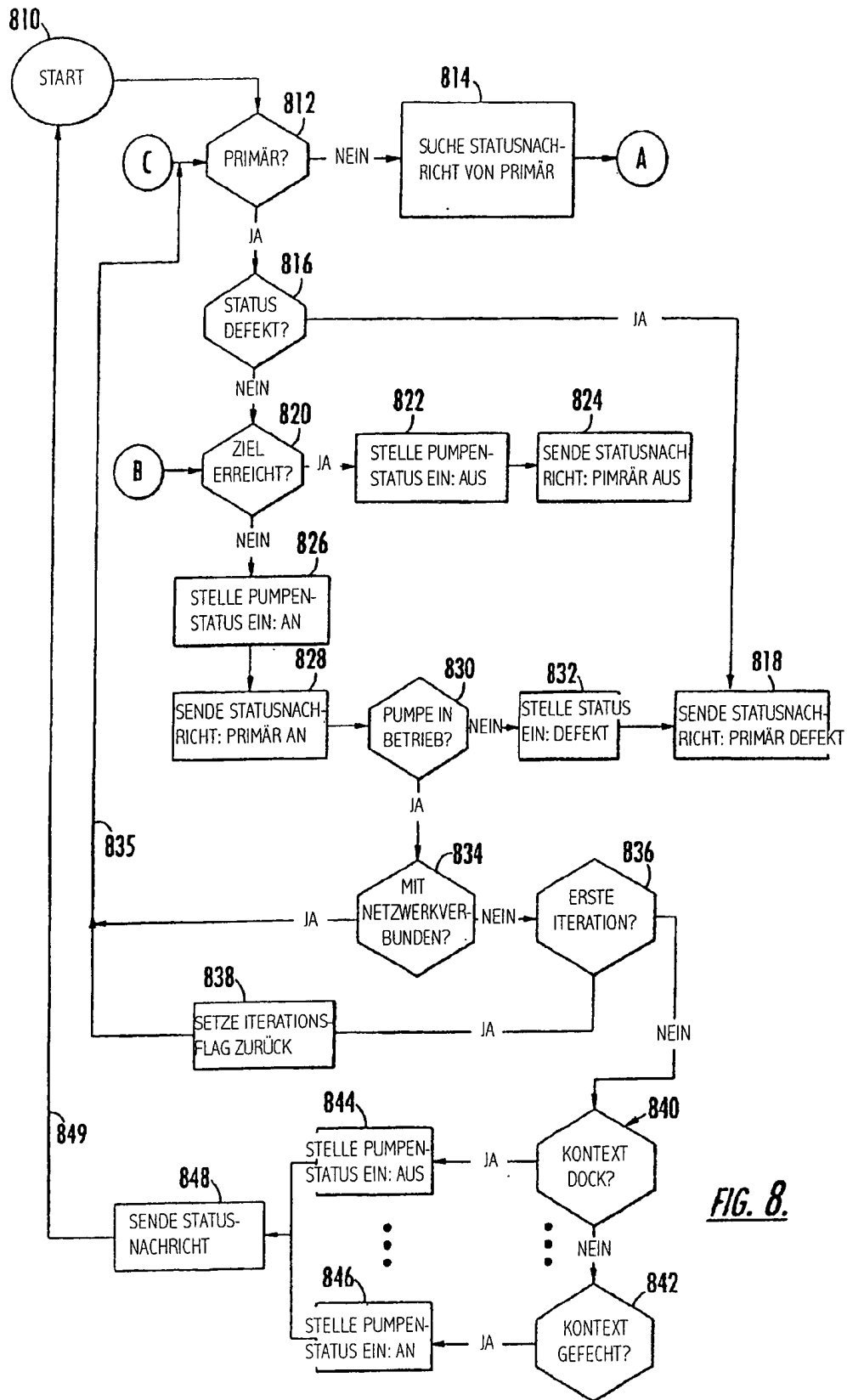


FIG. 8.

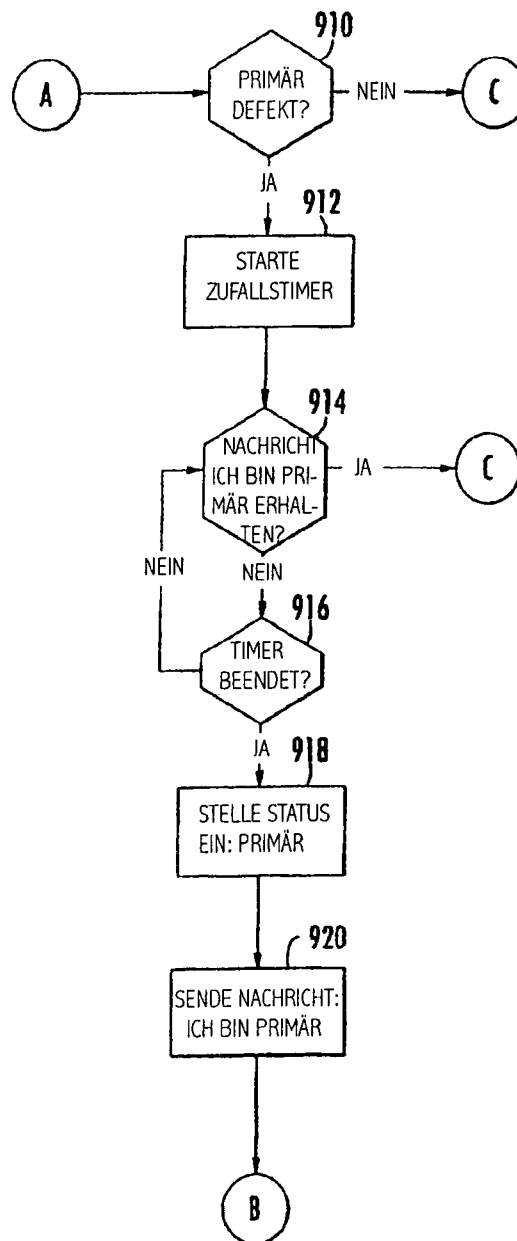
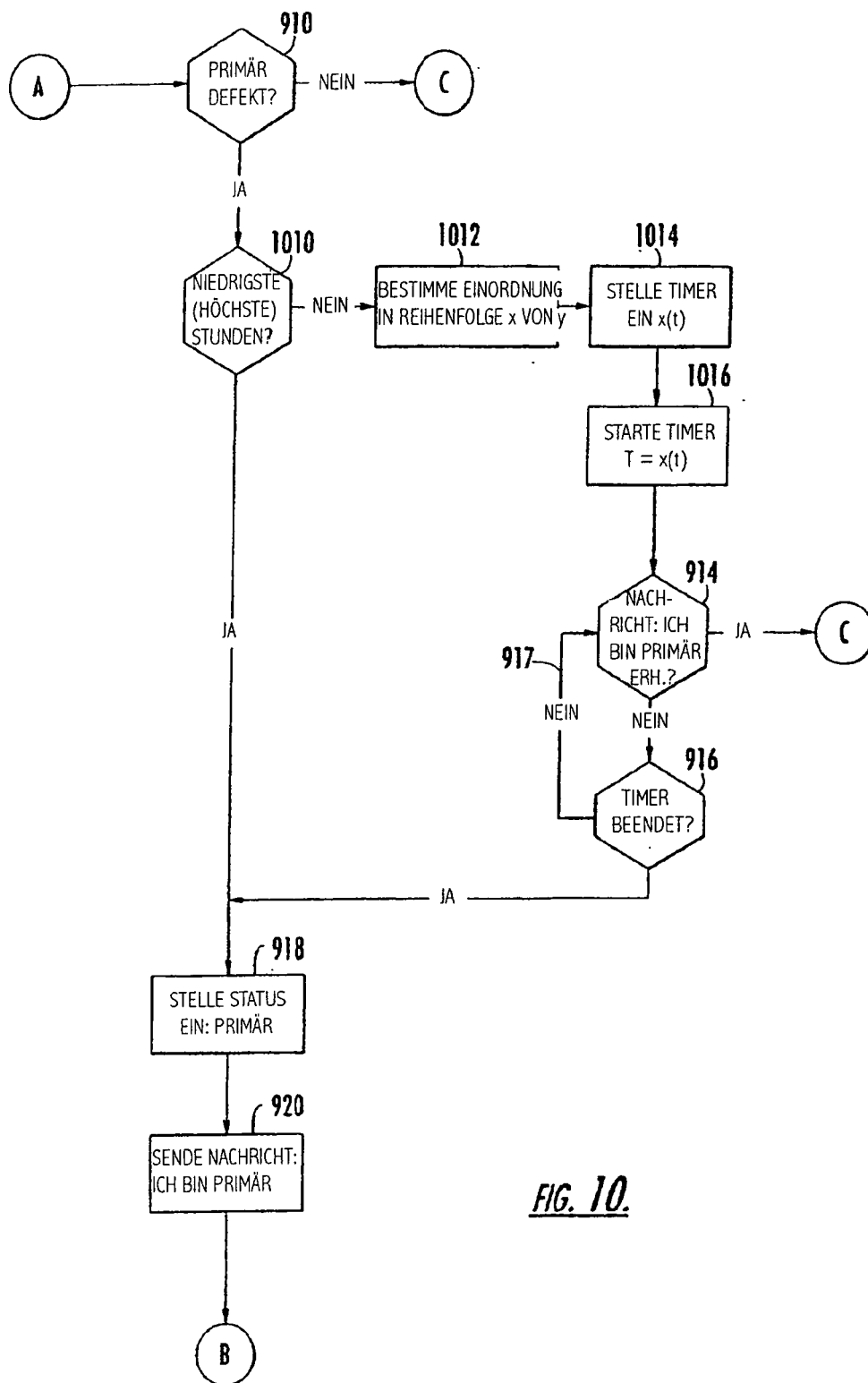
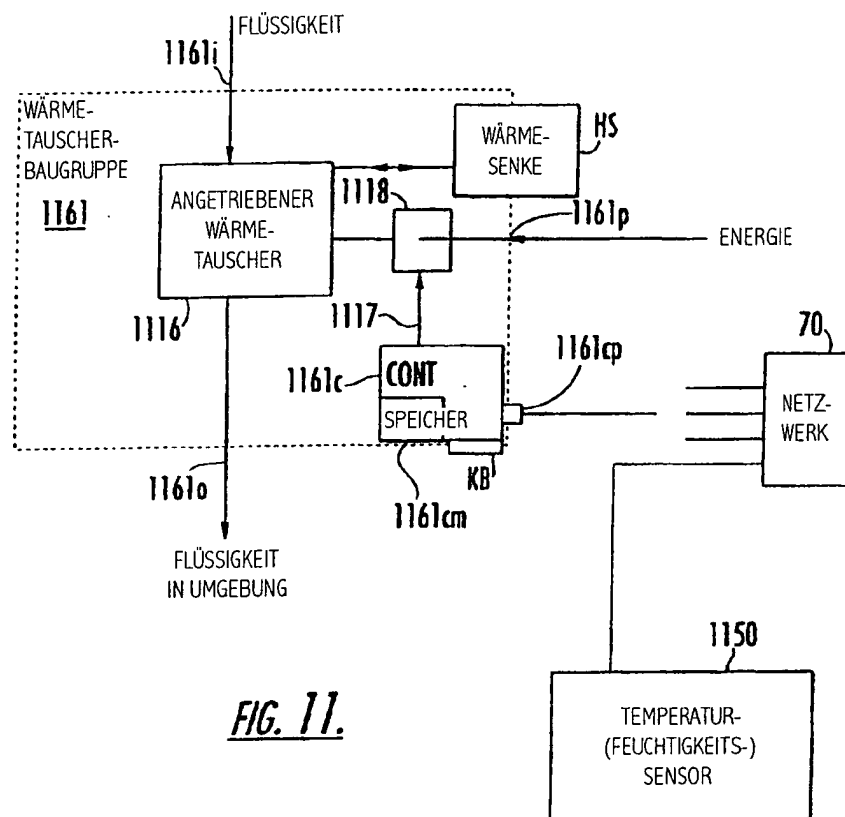


FIG. 9.

**FIG. 10.**



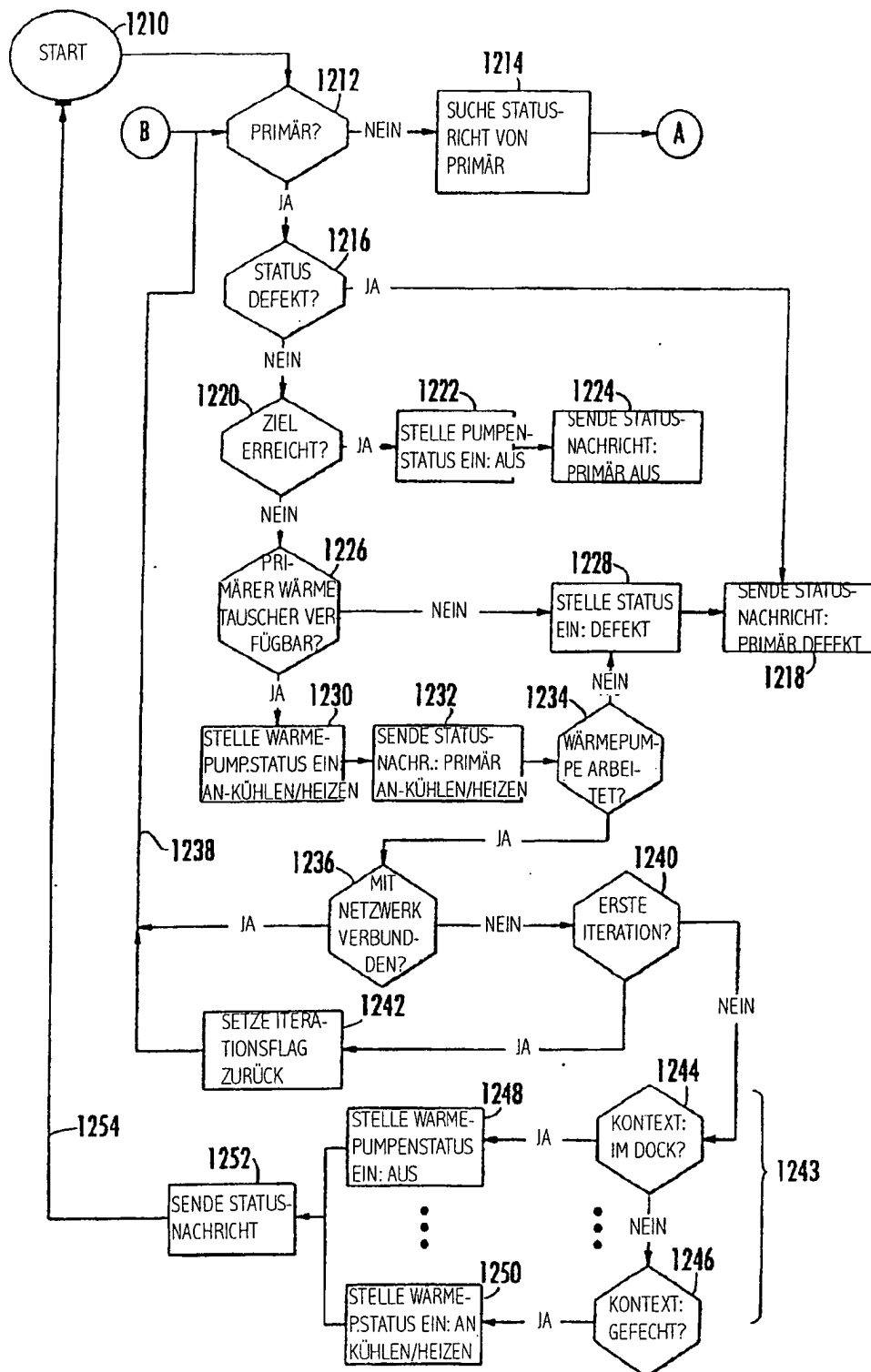


FIG. 12.

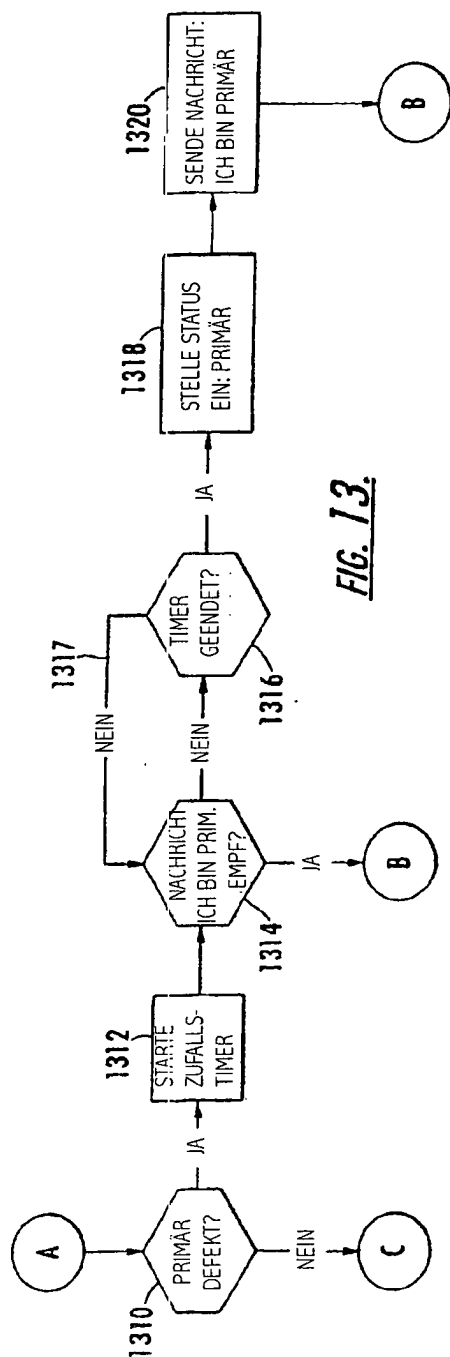


FIG. 13.

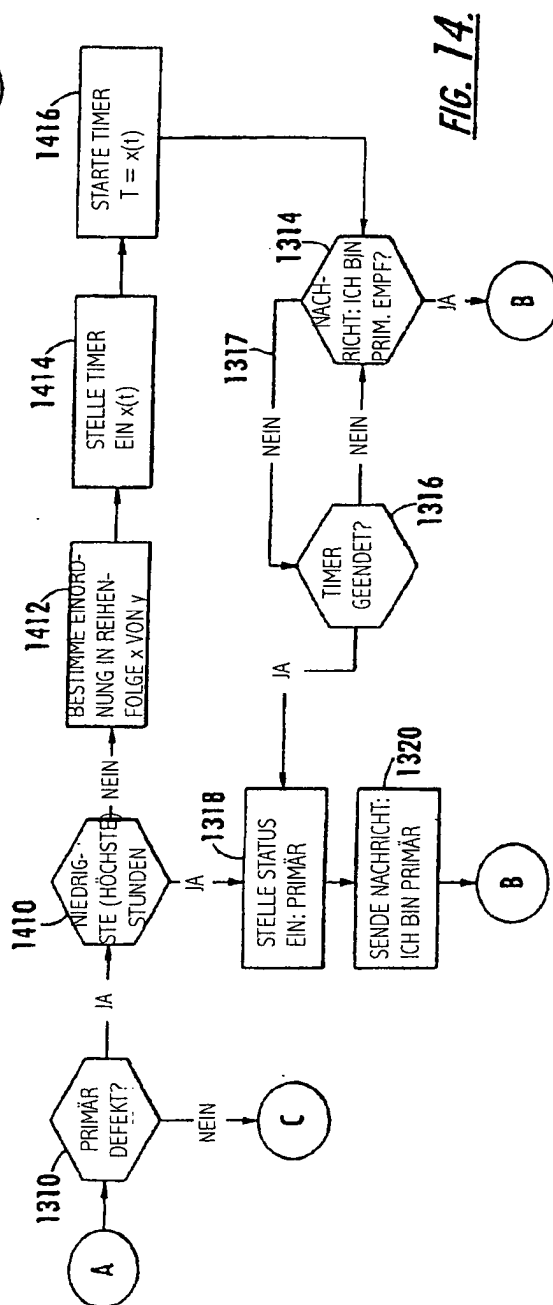


FIG. 14.

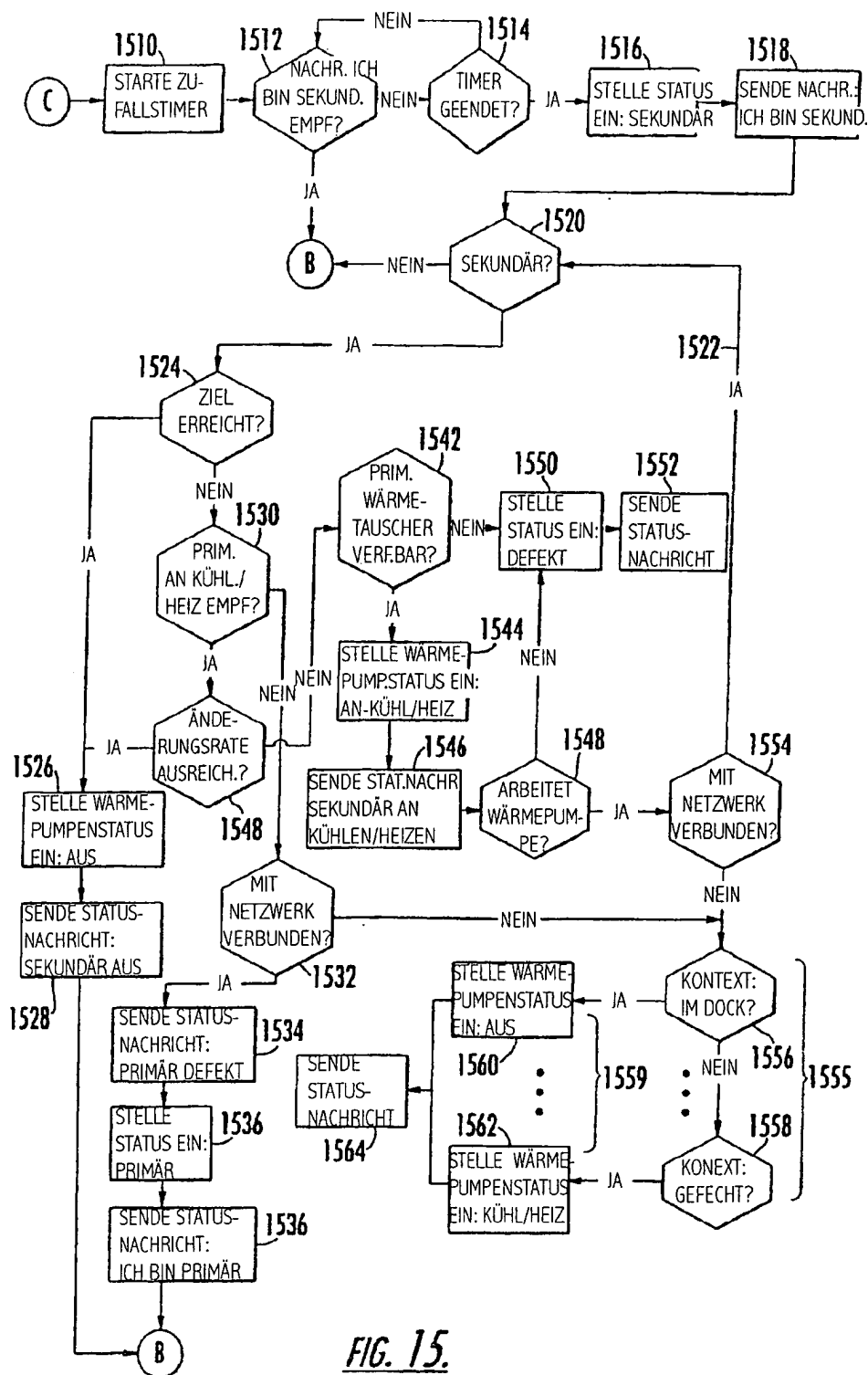


FIG. 15.