



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 601 16 713 T2 2006.08.10**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 139 037 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **601 16 713.9**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **01 302 820.4**

(96) Europäischer Anmeldetag: **27.03.2001**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **04.10.2001**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **18.01.2006**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **10.08.2006**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **F25B 5/02 (2006.01)**

**F25B 49/02 (2006.01)**

**F25B 41/06 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:

**539563                      31.03.2000                      US**

(73) Patentinhaber:

**Computer Process Controls, Inc., Kennesaw, Ga.,  
US**

(74) Vertreter:

**Rechts- und Patentanwälte Lorenz Seidler Gossel,  
80538 München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**DE, GB, IT**

(72) Erfinder:

**Singh, Abtar, Kennesaw, Georgia 30144, US;  
Chabucos, Jim, Acworth, Georgia 30101, US;  
Wickberg, Paul, Marietta, Georgia 30067, US;  
Wallace, John, Acworth, Georgia 30102, US**

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zur Steuerung eines Kühlsystems mit elektronischer Verdampfdruckregelung**

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**

## Gebiet der Erfindung

**[0001]** Diese Erfindung betrifft im Allgemeinen ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Steuerung eines Kühlsystems und insbesondere ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Steuerung eines Kühlsystems unter Verwendung von elektronischen Verdampferdruckreglern und eines gleitenden Saugdruck-Sollwerts an einer Verdichterreihe.

## Diskussion des Stands der Technik

**[0002]** Ein herkömmliches Kühlsystem weist einen Verdichter auf, der Kühlmitteldampf verdichtet. Vorm Verdichter wird der Kühlmitteldampf in eine Kondensatorschleife geleitet, in der der Dampf bei hohem Druck verflüssigt wird. Das flüssige Hochdruck-Kühlmittel wird dann im Allgemeinen zu einem Sammelbehälter befördert. Vom Sammelbehälter fließt das flüssige Hochdruck-Kühlmittel nach dessen Entspannen mittels eines Expansionsventils zu einem Niederdruck-Zweiphasen-Kühlmittel aus dem Sammelbehälter zu einer Verdampferschleife. Wenn das Niederdruck-Zweiphasen-Kühlmittel durch die Verdampferschleife fließt, absorbiert das Kühlmittel Wärme von dem Kühlgehäuse und dampft ab zu einem Einphasen-Niederdruckdampf, der schließlich zum Verdichter zurückkehrt, in dem sich der Kühlprozess mit geschlossener Rückführung wiederholt.

**[0003]** Bei manchen Systemen umfasst das Kühlsystem mehrere Verdichter, die mit mehreren Kreisläufen verbunden sind, wobei ein Kreislauf als eine physikalisch installierte Reihe von Gehäusen definiert ist, die bei gleichem Druck/gleicher Temperatur arbeiten. In einem Lebensmittelgeschäft kann zum Beispiel eine Gruppe von Gehäusen in einem Kreislauf für Tiefkühlkost verwendet werden, eine andere Gruppe kann für Fleischwaren verwendet werden, während eine andere Gruppe für Molkereierzeugnisse verwendet wird. Jeder Kreislauf mit einer Gruppe von Gehäusen arbeitet somit bei unterschiedlichen Temperaturen. Diese Temperaturunterschiede werden im Allgemeinen durch Verwenden mechanischer Verdampferdruckreglern oder mit jedem Kreislauf in Reihe angeordnete Ventile verwirklicht. Jeder mechanische Verdampferdruckregler regelt den Druck für alle innerhalb eines bestimmten Kreislaufes angeschlossenen Gehäuse. Der Druck, bei dem der Verdampferdruckregler den Kreislauf steuert, wird während der Inbetriebnahme des Systems mit Hilfe einer im Ventil vorhandenen mechanischen Regulierschraubeneinstellung einmal eingestellt. Der Druckregulierungspunkt wird basierend auf Gehäusetemperaturanforderungen und Druckabfall zwischen den Gehäusen und Verdichterreihen-Saugdruck gewählt.

**[0004]** Die mehreren Verdichter sind mit Hilfe von Saug- und Ablassgassammlern ebenfalls miteinander verrohrt, um eine aus den mehreren parallelen Verdichtern bestehende Verdichterreihe zu bilden. Der Saugdruck für die Verdichterreihe wird durch gesteuertes Ein- und Aus-Modulieren jedes der Verdichter gesteuert. Der Saugdruck-Sollwert für die Reihe wird im Allgemeinen auf einen Wert gesetzt, der die niedrigste Verdampferkreislauf-Anforderung erfüllen kann. Der Kreislauf, der bei der niedrigsten Temperatur arbeitet, steuert mit anderen Worten im Allgemeinen den Saugdruck-Sollwert, der zur Versorgung dieses Kreislaufs festgelegt wird.

**[0005]** Es gibt aber verschiedene Nachteile bei einem so gearteten Betreiben und Steuern eines Systems. Ein Nachteil ist zum Beispiel, dass sich die Anforderung an die Gehäusetemperatur im Allgemeinen im Laufe des Jahres ändert. Dies erfordert eine Kühlmechanik zum Ausführen einer lokalen Änderung der Verdampferdruckeinstellungen über die Regulierschraubeneinstellung jedes Verdampferdruckreglers, wodurch weiterhin eine Nacheinstellung des festgelegten Saugdruck-Sollwerts an der Reihe von Verdichtern erforderlich wird. Ein weiterer Nachteil dieser Art von Steuersystem ist, dass sich die Lasten des Gehäuses von Winter zu Sommer ändern. Im Winter liegt somit eine niedrigere Gehäuselast vor, die einen höheren Saugdruck-Sollwert erfordert, und im Sommer liegt eine höhere Last vor, die einen niedrigeren Saugdruck-Sollwert erfordert. In der Realität werden aber solche Einstellungen selten ausgeführt, da sie auch eine manuelle Einstellung mittels einer Kühlmechanik erfordern.

**[0006]** Was also erforderlich ist, ist ein Verfahren und eine Vorrichtung für eine Steuerung eines Kühlsystems, die elektronische Verdampferdruckregler und einen gleitenden Saugdruck-Sollwert für die Reihe von Verdichtern nutzt, die nicht unter den oben erwähnten Nachteilen leidet. Dies gibt wiederum eine adaptive Einstellung des Verdampferdrucks jedes Kreislaufs, eine adaptive Einstellung des Reihen-Saugdrucks an die Hand, ermöglicht ein ferngesteuertes Ändern der Verdampferdruck-Anforderungen, ermöglicht adaptive Änderungen der Druckeinstellungen jedes Kreislaufs jederzeit während seines Betriebs, so dass der Reihen-Saugdruck bei seinem höchstmöglichen Wert gehalten wird, ermöglicht eine gleitende Kreislauftemperatur basierend auf einer Produktsimulatorsonde und ermöglicht die Verwendung von Gehäusetemperaturinformationen zur Steue-

zung des Verdampferdrucks für den gesamten Kreislauf und des Saugdrucks an der Verdichterreihe. Daher besteht eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung darin, ein solches Verfahren und eine solche Vorrichtung für die Steuerung eines Kühlsystems unter Verwendung von elektronischen Verdampferdruckreglern und eines gleitenden Saugdruck-Sollwerts an die Hand zu geben.

#### ZUSAMMENFASSENDE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

**[0007]** Gemäß den erfindungsgemäßen Lehren wird ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Steuerung eines Kühlsystems unter Verwendung von elektronischen Verdampferdruckreglern und eines gleitenden Saugdruck-Sollwerts offenbart. Zur Verwirklichung der obigen Aufgaben der vorliegenden Erfindung können das vorliegende Verfahren und die vorliegende Vorrichtung elektronische Schrittreger (ESR) an Stelle von mechanischen Verdampferdruckreglern verwenden. Das Verfahren und die Vorrichtung können auch Temperaturanzeigemodule an jedem Gehäuse einsetzen, die zum Erfassen von Gehäusetemperatur, Produkttemperatur und anderen Temperaturen konfiguriert werden können. Die Anzeigemodule sind miteinander verkettet, um ein Kommunikationsnetzwerk mit einem Hauptregler zu bilden, der die elektrischen Schrittreger und den Saugdruck-Sollwert steuert. Das verwendete Kommunikationsnetzwerk kann entweder ein RS-485 oder ein anderes Protokoll sein.

**[0008]** Diesbezüglich werden die Daten zu dem Hauptregler übertragen, wo die Daten protokolliert und analysiert werden und Steuerentscheidungen für die ESR-Ventilstellung und die Saugdruck-Sollwerte gefällt werden. Der Hauptregler erfasst die Gehäusetemperatur für alle Gehäuse eines vorgegebenen Kreislaufes, nimmt Mittel/Min./Max. (basierend auf Anwenderkonfiguration) und setzt PI/PID/Fuzzy-Logik-Algorithmen ein, um für jeden Kreislauf die ESR-Ventilstellung zu entscheiden. Alternativ kann der Hauptregler Angaben zur Flüssigkeitsunterkühlung oder relativen Feuchtigkeit erfassen, um die ESR-Ventilstellung für jeden Kreislauf zu steuern. Der Hauptregler steuert auch den Saugdruck-Sollwert für die Reihe, der adaptiv geändert wird, so dass der Sollwert derart eingestellt wird, dass mindestens ein ESR-Ventil immer im Wesentlichen zu 100% offen gehalten wird.

**[0009]** GB-A-2232784 offenbart eine Steuervorrichtung für ein Kühlsystem, welche mehrere Kreisläufe umfasst, jeder mit einem Kühlgehäuse, einem elektronischen Verdampferdruckregler in Verbindung mit einem jeweiligen Kreislauf und der jeweils eine Temperatur eines der Kreisläufe regeln kann, mit einem Sensor zum Messen eines Parameters eines jeweiligen Kreislaufs und mit einer Steuervorrichtung für jeden elektronischen Verdampferdruckregler basierend auf den gemessenen Parametern jedes der Kreisläufe.

**[0010]** US-A-5,440,891 offenbart ein Verdichtersteuersystem unter Verwendung von Fuzzy-Logik, wobei eine Steuervorrichtung Ausgangssignale als Reaktion auf Drücke oder Temperaturen ausgibt.

**[0011]** Eine erste Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung gibt eine Vorrichtung für die Steuerung eines Kühlsystems nach Anspruch 1 an die Hand.

**[0012]** Eine zweite Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung gibt ein Verfahren für die Steuerung eines Kühlsystems nach Anspruch 14 an die Hand.

**[0013]** In einer anderen bevorzugten Ausführung wird ein Verfahren für die Steuerung eines Kühlsystems dargelegt. Dieses Verfahren umfasst einen führenden Kreislauf mit einem niedrigsten Temperatur-Sollwert von mehreren Kreisläufen, wobei jeder Kreislauf mindestens ein Kühlgehäuse aufweist, das Initialisieren eines Saugdruck-Sollwerts für eine Verdichterreihe mit mindestens einem Verdichter basierend auf dem ermittelten führenden Kreislauf, das Ermitteln einer Änderung des Saugdruck-Sollwerts basierend auf gemessenen Parametern des führenden Kreislaufs und das Aktualisieren des Saugdrucks basierend auf der Änderung des Saugdruck-Sollwerts.

**[0014]** Bei einer noch weiteren bevorzugten Ausführung wird ebenfalls ein Verfahren für die Steuerung eines Kühlsystems dargelegt. Dieses Verfahren umfasst das Einstellen einer maximal zulässigen Produkttemperatur für einen Kreislauf mit mindestens einem Kühlgehäuse, das Ermitteln einer simulierten Produkttemperatur für den Kreislauf, das Berechnen der Differenz zwischen der simulierten Produkttemperatur und der maximal zulässigen Produkttemperatur und das Einstellen des Temperatursollwerts des Kreislaufes basierend auf der errechneten Differenz.

**[0015]** Die erfindungsgemäße Verwendung gibt ein Verfahren und eine Vorrichtung für die Steuerung eines Kühlsystems an die Hand. Dadurch wurden die oben erwähnten Nachteile, die mit den derzeit erhältlichen

Kühlsteuersystemen einhergehen, wesentlich reduziert oder beseitigt.

#### KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0016] Noch weitere Vorteile der vorliegenden Erfindung werden für den Fachmann nach Lesen der folgenden Beschreibung und unter Einbeziehen der Zeichnungen offensichtlich. Hierbei zeigen:

[0017] [Fig. 1](#) ein Blockdiagramm eines Kühlsystems, welches ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Steuerung eines Kühlsystems nach den Lehren der bevorzugten erfindungsgemäßen Ausführung verwendet;

[0018] [Fig. 2](#) ein Schaltbild, das die Verwendung eines Anzeigemoduls nach den Lehren der bevorzugten erfindungsgemäßen Ausführung veranschaulicht;

[0019] [Fig. 3](#) ein Flussdiagramm, das eine Kreislauf-Drucksteuerung unter Verwendung eines elektronischen Druckreglers veranschaulicht;

[0020] [Fig. 4](#) ein Flussdiagramm, das eine Kreislauf-Temperaturregelung unter Verwendung eines elektronischen Druckreglers veranschaulicht;

[0021] [Fig. 5](#) ein adaptives Flussdiagramm zum Gleitenlassen des Reihen-Saugdruck-Sollwerts gemäß den Lehren der bevorzugten erfindungsgemäßen Ausführung;

[0022] [Fig. 6](#) eine Darstellung der bei den Verfahren 1 und 2 von [Fig. 5](#) eingesetzten Fuzzy-Logik;

[0023] [Fig. 7](#) eine Darstellung der im Verfahren 3 von [Fig. 5](#) eingesetzten Fuzzy-Logik; und

[0024] [Fig. 8](#) ein Flussdiagramm, das die Steuerung einer gleitenden Kreislauf- oder Gehäusetemperatur basierend auf einer Produktsimulatortemperatursonde veranschaulicht.

#### EINGEHENDE BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNG(EN)

[0025] Die folgende Beschreibung der bevorzugten Ausführungen bezüglich eines Verfahrens und einer Vorrichtung für die Steuerung eines Kühlsystems unter Einsatz von elektronischen Verdampferdruckreglern und eines gleitenden Reihen-Saugdruck-Sollwert ist lediglich beispielhafter Natur und soll nicht die Erfindung oder deren Anwendung oder Einsatzmöglichkeiten beschränken. Zwar wird die vorliegende Erfindung nachstehend eingehend in Bezug auf spezifische Arten von Geräten beschrieben, doch kann die vorliegende Erfindung auch andere Arten von Geräten verwenden, die so konfiguriert werden können, dass sie im Wesentlichen die gleiche Steuerung bieten, wie sie hier besprochen wird.

[0026] Unter Bezug auf [Fig. 1](#) wird ein detailliertes Blockdiagramm eines Kühlsystems **10** nach den Lehren der bevorzugten Ausführung der vorliegenden Erfindung gezeigt. Das Kühlsystem **10** umfasst mehrere Verdichter **12**, die mit einem gemeinsamen Saugsammelrohr **14** und einem Ablassammelrohr **16** zusammen verrohrt sind, wobei alle in einer Verdichterreihe **18** positioniert sind. Die Verdichterreihe **18** verdichtet Kühlmitteldampf, der einem Kondensator **20** zugeführt wird, wo der Kühlmitteldampf bei hohem Druck verflüssigt wird. Dieses flüssige Hochdruck-Kühlmittel wird mehreren Kühlgehäusen **22** mittels Rohrleitungen **24** zugeführt. Jedes Kühlgehäuse **22** ist in separaten Kreisläufen **26** angeordnet, die aus mehreren Kühlgehäusen **22** bestehen, die innerhalb eines gleichen Temperaturbereichs arbeiten. [Fig. 1](#) zeigt vier (4) Kreisläufe **26**, die als Kreislauf A, Kreislauf B, Kreislauf C und Kreislauf D bezeichnet sind. Jeder Kreislauf **26** wird aus vier (4) Kühlgehäusen **22** bestehend dargestellt. Der Fachmann auf dem Gebiet wird aber erkennen, dass eine beliebige Anzahl an Kreisläufen **26** sowie eine beliebige Anzahl an Kühlgehäusen **22** innerhalb eines Kreislaufts **26** eingesetzt werden können. Wie dargestellt arbeitet jeder Kreislauf **26** im Allgemeinen innerhalb eines bestimmten Temperaturbereichs. Kreislauf A kann zum Beispiel für Tiefkühlkost dienen, Kreislauf B für Molkereierzeugnisse, Kreislauf C für Fleisch usw.

[0027] Da die Temperaturanforderung für jeden Kreislauf **26** anders ist, weist jeder Kreislauf **26** einen Druckregler **28** auf, der vorzugsweise ein elektronischer Schrittreger (ESR) oder ein Ventil **28** ist, das zum Steuern des Verdampferdrucks und somit der Temperatur des gekühlten Raums in den Kühlgehäusen **22** dient. Jedes Kühlgehäuse **22** weist ferner seinen eigenen Verdampfer und sein eigenes Expansionsventil auf, das entweder ein mechanisches oder ein elektronisches Ventil zum Steuern der Überhitzung des Kühlmittels sein kann. In dieser Beziehung wird Kühlmittel durch die Rohrleitung **24** zu dem Verdampfer in jedem Kühlgehäuse **22** zu-

geführt. Das Kühlmittel strömt durch ein Expansionsventil, in dem ein Druckabfall eintritt, um das flüssige Hochdruck-Kühlmittel auf eine Kombination aus einer Flüssigkeit und einem Dampf mit niedrigerem Druck zu ändern. Wenn sich die Heißluft von dem Kühlgehäuse **22** über die Verdampferschlange bewegt, verwandelt sich die Niederdruckflüssigkeit in Gas. Dieses Niederdruckgas wird dem zu diesem bestimmten Kreislauf **26** gehörigen Druckregler **28** befördert. Am Druckregler **28** wird der Druck gesenkt, wenn das Gas zur Verdichterreihe **18** zurückkehrt. An der Verdichterreihe **18** wird das Niederdruckgas wieder auf Hochdruck verdichtet und dem Kondensator **20** zugeführt, der wiederum eine Hochdruckflüssigkeit erzeugt, um den Kühlzyklus erneut zu starten.

**[0028]** Zur Steuerung der verschiedenen Funktionen des Kühlsystems **10** wird eine Hauptkühlsteuervorrichtung **30** verwendet und konfiguriert bzw. programmiert, den Betrieb jedes Druckreglers (ESR) **28** sowie den Saugdruck-Sollwert für die gesamte Verdichterreihe **18** zu steuern, wie hier im Weiteren erläutert wird. Die Kühlsteuervorrichtung **30** ist eine beliebige programmierbare Steuervorrichtung, die wie hier besprochen programmiert werden kann. Die Kühlsteuervorrichtung **30** steuert die Gruppe von Verdichtern **12** in der Verdichterreihe **18** über ein Eingabe-/Ausgabemodul **32**. Das Eingabe-/Ausgabemodul **32** weist Schaltschütze auf, um zum Vorsehen des gewünschten Saugdrucks die Verdichter **12** ein- und auszuschalten. Eine separate Gehäusesteuervorrichtung, beispielsweise eine CC-100-Gehäusesteuervorrichtung, kann zum Steuern der Überhitzung des Kühlmittels zu jedem Kühlgehäuse **22** über ein elektronisches Expansionsventil in jedem Kühlgehäuse **22** mittels eines Kommunikationsnetzwerkes oder Busses **34** verwendet werden. Alternativ kann ein mechanisches Expansionsventil an Stelle der separaten Gehäusesteuervorrichtung verwendet werden. Wenn separate Gehäusesteuervorrichtungen eingesetzt werden sollen, kann die Hauptkühlsteuervorrichtung **30** ebenfalls über den Kommunikationsbus **34** zum Konfigurieren jeder separaten Gehäusesteuervorrichtung verwendet werden. Der Kommunikationsbus **34** kann entweder ein RS-485-Kommunikationsbus oder ein LonWorks Echelon Bus sein, der es der Hauptkühlsteuervorrichtung **30** und den separaten Gehäusesteuervorrichtungen ermöglicht, von jedem Gehäuse **22** Informationen zu empfangen.

**[0029]** Um den Druck in jedem Kreislauf **26** zu überwachen, kann ein Druckmessumformer **36** am jedem Kreislauf **26** (siehe Kreislauf A) vorgesehen und am Ausgang der Gruppe von Kühlgehäusen **22** oder direkt vor dem Druckregler **28** positioniert werden. Jeder Druckmessumformer **36** liefert ein analoges Signal an eine analoge Eingangsplatine **38**, die das analoge Signal misst und diese Information über den Kommunikationsbus **34** der Hauptkühlsteuervorrichtung **30** liefert. Die analoge Eingangsplatine **38** kann eine herkömmliche analoge Eingangsplatine sein, die in der Kühlsteuerumgebung eingesetzt wird. Ferner wird ein Druckmessumformer **40** eingesetzt, um den Saugdruck für die Verdichterreihe **18** zu messen, der ebenfalls der analogen Eingangsplatine **38** geliefert wird. Der Druckmessumformer **40** ermöglicht eine adaptive Steuerung des Saugdrucks für die Verdichterreihe **18**, wie hier desweiteren beschrieben wird. Um die Öffnungen in jedem Druckregler **28** zu verändern, wird eine elektronische Schrittreger(ESR)-Schalttafel **42** verwendet, die bis zu acht (8) elektronische Schrittreger **28** antreiben kann. Die ESR-Schalttafel **42** ist vorzugsweise eine ESR-8-Schalttafel, die aus acht (8) Treibern besteht, die die Schrittentile **28** über eine Steuerung von der Hauptkühlsteuervorrichtung **30** antreiben können.

**[0030]** Im Gegensatz zur Verwendung eines Druckmessumformers **36** zum Steuern eines Druckreglers **28** kann auch die Umgebungstemperatur in den Gehäusen **22** zur Steuerung der Öffnung jedes Druckreglers **28** verwendet werden. In dieser Beziehung wird der Kreislauf B mit den Temperatursensoren **44** gezeigt, die jedem einzelnen Kühlgehäuse **22** zugeordnet sind. Jedes Kühlgehäuse **22** in dem Kreislauf B kann einen separaten Temperatursensor **44** haben, um die zum Steuern des Druckreglers **28** verwendeten Mittel-/Min-/Max-Temperaturen zu messen, oder es kann ein einzelner Temperatursensor **44** in einem Kühlgehäuse **22** innerhalb von Kreislauf B verwendet werden, da alle Kühlgehäuse in einem Kreislauf **26** bei im Wesentlichen gleichem Temperaturbereich arbeiten. Diese Temperatureingaben werden auch der analogen Eingangsplatine **38** vorgelegt, die die Informationen über den Kommunikationsbus **34** wieder der Hauptkühlsteuervorrichtung **30** zuführt.

**[0031]** Im Gegensatz zur Verwendung eines einzelnen Temperatursensors **44** zur Ermittlung der Temperatur für ein Kühlgehäuse **22** kann alternativ ein Temperaturanzeigemodul **46**, wie es in Kreislauf A gezeigt wird, verwendet werden. Das Temperaturanzeigemodul **46** ist vorzugsweise ein TD3 Case Temperature Display. Die Verbindung der Temperaturanzeige **46** wird in [Fig. 2](#) genauer gezeigt. In dieser Beziehung wird das Anzeigemodul **46** in jedem Kühlgehäuse **22** eingebaut. Jedes Modul **46** ist so ausgelegt, dass es bis zu drei (3) Temperatursignale misst. Diese Signale umfassen die Gehäuseauslasslufttemperatur mittels eines Auslasstemperatursensors **48**, die simulierte Produkttemperatur mittels der Produktsimulatortemperatursonde **50** und eine Entfrostsbeendigungstemperatur mittels eines Entfrostsbeendigungssensors **52**. Diese Sensoren können auch gegen andere Sensoren ausgetauscht werden, beispielsweise einen Rückluftsensor, einen Ver-

dampfertemperatur- oder Reinigungsschaltersensor. Das Anzeigemodul **46** weist ferner eine LED-Anzeige **54** auf, die so konfiguriert werden kann, dass sie beliebige Temperaturen und/oder den Gehäusestatus (Entfrosten/Kühlen/Alarm) anzeigt.

**[0032]** Die Produktsimulatortemperatursonde **50** ist ein 0,0004732 m<sup>3</sup> (16 oz.) großer Behälter, der mit vierprozentigem (4%) Salzwasser oder mit einem Material gefüllt ist, das eine Nahrungsmitteln ähnliche Wärmeeigenschaft aufweist. Das Temperatur erfassende Element ist in der Mitte der ganzen Baugruppe eingebettet, so dass die Produktsonde **50** thermisch wie echte Nahrungsmittel, beispielsweise Hühnchen, Fleisch usw. funktioniert. Das Anzeigemodul **46** misst die Gehäuseauslasslufttemperatur mittels des Ablasstemperatursensors **48** und die simulierte Produkttemperatur mittels des Produktsondentemperatursensors **50** und übermittelt diese Daten dann mittels des Kommunikationsbusses **34** zu der Hauptkühlsteuervorrichtung **30**. Diese Informationen werden protokolliert und für die anschließende Systemsteuerung unter Verwendung der hierin beschriebenen neuartigen Verfahren verwendet.

**[0033]** An der Hauptkühlsteuervorrichtung **30** können auch Alarmgrenzwerte für jeden Sensor **48**, **50** und **52** sowie Entfrostopparameter eingestellt werden. Die Alarm- und Entfrostopinformationen können zum Anzeigen des Status auf der LED-Anzeige **54** von der Hauptkühlsteuervorrichtung **30** zum Anzeigemodul **46** übertragen werden. [Fig. 2](#) zeigt ebenfalls eine alternative Konfiguration für die Temperaturerfassung mit dem Anzeigemodul **46**. In dieser Beziehung wird das Anzeigemodul **46** optional mit einer einzelnen Gehäusesteuervorrichtung **56** verbunden gezeigt, zum Beispiel CC-100 Case Controller. Die Gehäusesteuervorrichtung **56** empfängt Temperaturinformationen von dem Anzeigemodul **46**, um das elektronische Expansionsventil in dem Verdampfer des Kühlgehäuses **22** zu steuern, wodurch das Strömen von Kühlmittel in die Verdampferschlange sowie die sich ergebende Überhitzung geregelt wird. Diese Gehäusesteuervorrichtung **56** kann auch die Alarm- und Entfrostopbetriebsabläufe steuern und diese Informationen zurück zum Anzeigemodul **46** und/oder der Kühlsteuervorrichtung **30** übermitteln.

**[0034]** Kurz gesagt ist der Saugdruck an der Verdichterreihe **18** von der Temperaturanforderung für jeden Kreislauf **26** abhängig. Angenommen zum Beispiel ein Kreislauf A arbeitet bei -12,222°C (10°F), Kreislauf B arbeitet bei -9,444°C (15°F), Kreislauf C arbeitet bei -6,666°C (20°F) und Kreislauf D arbeitet bei -3,588°C (25°F). Der Saugdruck an der Verdichterreihe **18**, der über den Druckmessumformer **40** erfasst wird, erfordert einen Saugdruck-Sollwert basierend auf der niedrigsten Temperaturanforderung für alle Kreisläufe **26** (d.h. Kreislauf A) oder für den führenden Kreislauf **26**. Daher wird der Saugdruck an der Verdichterreihe **18** so eingestellt, dass eine Betriebstemperatur von -12,222°C (10°F) für Kreislauf A erreicht wird. Dies erfordert, dass der Druckregler **28** in Kreislauf A im Wesentlichen zu 100% geöffnet wird. Wenn daher der Saugdruck für das Erreichen von -12,222°C (10°F) am Kreislauf A eingestellt wird und keine Druckreglerventile **28** für jeden Kreislauf **26** verwendet werden würden, würde jeder Kreislauf **26** bei der gleichen Temperatur arbeiten. Da aber jeder Kreislauf **26** bei einer anderen Temperatur arbeitet, werden die elektronischen Schrittreger oder Ventile **28** um einen bestimmten Prozentsatz pro Kreislauf **26** geschlossen, um die entsprechende Temperatur für diesen bestimmten Kreislauf **26** zu regeln. Um die Temperatur für Kreislauf B auf -9,444°C (15°F) anzuheben, wird das Schrittreglerventil **28** in Kreislauf B etwas geschlossen, das Ventil **28** in Kreislauf C wird stärker geschlossen und das Ventil **28** in Kreislauf D wird sogar noch stärker geschlossen, was die verschiedenen geforderten Temperaturen erzeugt.

**[0035]** Jeder elektronische Druckregler (ESR) **28** kann durch eine von drei (3) Vorgehensweisen gesteuert werden. Im Einzelnen kann jeder Druckregler **28** basierend auf Druckwerten des Druckmessumformers **36**, basierend auf Temperaturwerten mittels des Temperatursensors **44** oder basierend auf mehreren, durch das Anzeigemodul **46** genommenen Temperaturwerten gesteuert werden.

**[0036]** Unter Bezug auf [Fig. 3](#) wird eine Drucksteuerlogik **60** gezeigt, die die elektronischen Druckregler (ESR) **28** steuert. In dieser Beziehung werden die elektronischen Druckregler **28** durch Messen des Drucks eines bestimmten Kreislaufes **26** mittels des Druckmessumformers **36** gesteuert. Wie in [Fig. 1](#) gezeigt wird, umfasst Kreislauf A einen Druckmessumformer **36**, der mit der analogen Eingangsplatine **38** gekoppelt ist. Die analoge Eingangsplatine **38** misst den Verdampfdruck und überträgt die Daten unter Verwendung des Kommunikationsnetzwerkes **34** zu der Kühlsteuervorrichtung **30**. Die Drucksteuerlogik bzw. der Algorithmus **60** ist in die Kühlsteuervorrichtung **30** einprogrammiert.

**[0037]** Die Drucksteuerlogik **60** weist einen Sollwert-Algorithmus **62** auf. Der Sollwert-Algorithmus **62** wird zum adaptiven Ändern des erwünschten Kreislaufdruck-Sollwerts (SP\_ct) für den gerade analysierten Kreislauf **26** basierend auf dem Wert der Flüssigkeitsunterkühlung nach dem Kondensator **20** oder basierend auf der relativen Feuchtigkeit (RF) in dem Geschäft verwendet. Der Unterkühlungswert ist der Betrag der Kühlung

in dem flüssigen Kühlmittel aus dem Kondensator **20**, der über dem Siedepunkt des flüssigen Kühlmittels liegt. Angenommen zum Beispiel die Flüssigkeit ist Wasser, das bei 100°C (212°F) siedet, und die Temperatur aus dem Kondensator beträgt 12,777°C (55°F), dann ist die Differenz zwischen 100°C (212°F) und 12,777°C (55°F) der Unterkühlungswert (d.h. Unterkühlung ist gleich der Differenz zwischen dem Siedepunkt und der Flüssigkeitstemperatur). Bei Gebrauch wird ein Bediener einfach einen erwünschten Kreislaufdruck-Sollwert (SP\_ct) basierend auf der erwünschten Temperatur in dem bestimmten Kreislauf **26** und der Art des verwendeten Kühlmittels aus bekannten Temperaturnachschlagetabellen oder -karten wählen. Der Sollwert-Algorithmus **62** verändert diesen Sollwert adaptiv basierend auf dem Wert der Flüssigkeitsunterkühlung nach dem Kondensator **20** oder basierend auf der relativen Feuchtigkeit (RF) innerhalb des Geschäfts. Wenn in dieser Beziehung 30 psig für den Kreislaufdruck-Sollwert (SP\_ct) für einen Kreislauf **26** bei Sommerbedingungen mit 80% RF und -12,222°C (10°F) Flüssigkühlmittel-Unterkühlung gewählt wird, dann wird bei 20% RF oder 50°F Unterkühlung der Kreislaufdruck-Sollwert (SP\_ct) adaptiv auf 207,5 MPa (33 psig) geändert. Für andere Prozentwerte der relativen Feuchtigkeit (RF%) oder eine andere Flüssigkeitsunterkühlung können die Werte einfach aus dem Vorstehenden interpoliert werden, um den entsprechenden Kreislaufdruck-Sollwert (SP\_ct) zu ermitteln. Der sich ergebende adaptive Kreislaufdruck-Sollwert (SP\_ct) wird dann zu einer Ventilöffnungssteuerung **64** weitergeleitet.

**[0038]** Die Ventilöffnungssteuerung **64** weist einen Fehlerdetektor **66** und einen PI/PID/Fuzzy-Logik-Algorithmus **68** auf. Der Fehlerdetektor **66** empfängt den Kreislaufverdampferdruck (P\_ct), der mittels des am Ausgang des Kreislaufes **26** angeordneten Druckmessumformers **36** gemessen wird. Der Fehlerdetektor **66** empfängt auch den adaptiven Kreislaufdruck-Sollwert (SP\_ct) von dem Sollwert-Algorithmus **62**, um die Differenz bzw. den Fehler (E\_ct) zwischen dem Kreislaufverdampferdruck (P\_ct) und dem erwünschten Kreislaufdruck-Sollwert (SP\_ct) zu ermitteln. Dieser Fehler (E\_ct) wird dem PI/PID/Fuzzy-Logik-Algorithmus **68** unterzogen. Der PI/PID/Fuzzy-Logik-Algorithmus **68** kann ein beliebiger herkömmlicher Kühlsteuerungsalgorithmus sein, der einen Fehlerwert nehmen und einen prozentualen (%) Ventilöffnungswert (VO\_ct) für den elektronischen Verdampferdruckregler **28** ermitteln kann. Zu beachten ist, dass im Winter eine niedrigere Last vorliegt, was daher einen höheren Kreislaufdruck-Sollwert (SP\_ct) erfordert, während im Sommer eine höhere Last vorliegt, was einen niedrigeren Kreislaufdruck-Sollwert (SP\_ct) erfordert. Die Ventilöffnung (VO\_ct) wird dann von der Kühlsteuervorrichtung **30** zum Steuern des elektronischen Druckreglers (ESR) **28** für den bestimmten Kreislauf **26**, der gerade durch die ESR-Schalttafel **42** und den Kommunikationsbus **34** analysiert wird, verwendet.

**[0039]** Unter Bezug auf [Fig. 4](#) wird eine Temperatursteuerlogik **70** gezeigt, die an Stelle der Drucksteuerlogik **60** zum Steuern des elektronischen Druckreglers (ESR) **28** für den bestimmten Kreislauf **26**, der gerade analysiert wird, verwendet werden kann. In dieser Beziehung wird jeder elektronische Druckregler **28** durch Messen der Gehäusetemperatur bezüglich des bestimmten Kreislaufes **26** gesteuert. Wie in [Fig. 1](#) gezeigt, weist der Kreislauf B Gehäusetemperatursensoren **44** auf, die mit der analogen Eingangsplatine **38** gekoppelt sind. Die analoge Eingangsplatine **38** misst die Gehäusetemperatur und übermittelt unter Verwendung des Kommunikationsnetzwerkes **34** die Daten zu der Kühlsteuervorrichtung **30**. Die Temperatursteuerlogik bzw. der Algorithmus **70** ist in die Kühlsteuervorrichtung **30** einprogrammiert.

**[0040]** Die Temperatursteuerlogik **70** kann entweder Gehäusetemperaturen ( $T_1, T_2, T_3, \dots T_n$ ) von jedem Gehäuse **22** in dem bestimmten Kreislauf **26** oder eine einzelne Temperatur von einem Gehäuse **22** in dem Kreislauf **26** empfangen. Sollten mehrere Temperaturen überwacht werden, werden diese Temperaturen ( $T_1, T_2, T_3, \dots T_n$ ) durch einen Mittel-/Min-/Max-Temperatur-Block **72** gesteuert. Block **72** kann entweder so konfiguriert werden, dass er den Mittelwert jeder der von jedem der Gehäuse **22** empfangenen Temperaturen ( $T_1, T_2, T_3, \dots T_n$ ) nimmt. Alternativ kann der Mittel-/Min-/Max-Temperatur-Block **72** so konfiguriert werden, dass er die Mindest- und Maximaltemperaturen der Gehäuse **22** überwacht, um einen zu verwendenden Mittelwert oder einen anderen geeigneten Wert zu wählen. Die Wahl der zu verwendenden Option wird im Allgemeinen basierend auf der Art der in dem Kühlsteuersystem **10** eingesetzten Hardware ermittelt. Von Block **72** wird die Temperatur (T\_ct) einem Fehlerdetektor **74** vorgelegt. Der Fehlerdetektor **74** vergleicht den erwünschten Kreislaufdruck-Sollwert (SP\_ct), der vom Bediener in der Kühlsteuervorrichtung **30** eingestellt wird, mit der tatsächlichen gemessenen Temperatur (T\_ct), um einen Fehlerwert (E\_ct) zu erhalten. Dieser Fehlerwert (E\_ct) wird hier wiederum einem PI/PID/Fuzzy-Logik-Algorithmus **76** unterzogen, der ein herkömmlicher Kühlsteuerungsalgorithmus ist, um eine bestimmte prozentuale (%) Ventilöffnung (VO\_ct) für den bestimmten elektronischen Druckregler (ESR) **28**, der gerade über die ESR-Schalttafel **42** gesteuert wird, zu ermitteln.

**[0041]** Während das Implementieren der Temperatursteuerlogik **70** effizient ist, weist sie inhärente logistische Nachteile auf. Zum Beispiel erfordert jeder Gehäusetemperatursensor **44** eine Verbindung von jedem Vitrinengehäuse **22** zu einem Motorraum, in dem sich die analoge Eingangsplatine **38** im Allgemeinen befindet. Dies führt zu hohen Verdrahtungs- und Einbaukosten. Daher besteht eine Alternative zu dieser Konfiguration darin,

das Anzeigemodul **46**, wie in Kreislauf A von [Fig. 1](#) gezeigt, zu verwenden. In dieser Beziehung gibt ein Temperatursensor in jedem Gehäuse **22** die Temperaturinformationen zu dem Anzeigemodul **46** weiter, das mit dem Kommunikationsnetzwerk **34** verkettet ist. Auf diese Weise kann der Auslasslufttemperatursensor **48** oder die Produktsonde **50** zum Ermitteln der Gehäusetemperatur ( $T_1, T_2, T_3, \dots T_n$ ) verwendet werden. Diese Informationen können dann direkt von dem Anzeigemodul **46** zu der Kühlsteuervorrichtung **30** übertragen werden, ohne Notwendigkeit der analogen Eingangsplatine **38**, wodurch die Verdrahtungs- und Einbaukosten wesentlich reduziert werden.

**[0042]** In [Fig. 5](#) wird eine adaptive Saugdrucksteuerlogik **80** zur Steuerung des Reihen-Saugdruck-Sollwerts ( $P_{SP}$ ) gezeigt. Der Saugdruck-Sollwert für eine herkömmliche Reihe wird dagegen allgemein manuell konfiguriert und wird bei einem Mindestwert aller für die Kreislauf-Drucksteuerung verwendeten Sollwerte festgelegt. Angenommen Kreislauf A arbeitet mit anderen Worten bei  $-17,777^\circ\text{C}$  ( $0^\circ\text{F}$ ), Kreislauf B arbeitet bei  $-15^\circ\text{C}$  ( $5^\circ\text{F}$ ), Kreislauf C arbeitet bei  $-12,222^\circ\text{C}$  ( $10^\circ\text{F}$ ) und Kreislauf D arbeitet bei  $-6,666^\circ\text{C}$  ( $20^\circ\text{F}$ ). Ein Bediener würde im Allgemeinen den erforderlichen Saugdruck-Sollwert basierend auf Druck-/Temperaturtabellen und dem Kreislauf **26** niedrigster Temperatur ermitteln (d.h. Kreislauf A). In diesem Beispiel würde dies bei Kreislauf A, der bei  $-17,777^\circ\text{C}$  ( $0^\circ\text{F}$ ) arbeitet, bei dem Kühlmittel R404A im Allgemeinen ein Saugen von 206,8 MPa (30 psig) erfordern. Daher würde der Druck am Saugsammelrohr **14** zur Versorgung jedes der Kreisläufe A-D etwas unter 206,8 MPa (30 psig) festgelegt werden. Gemäß den Lehren der vorliegenden Erfindung wird aber der Saugdruck-Sollwert ( $P_{SP}$ ) nicht nur automatisch gewählt, sondern er wird auch adaptiv geändert oder gleitet während der regulären Steuerung. [Fig. 5](#) veranschaulicht die adaptive Saugdruck-Steuerlogik **80** zum Steuern des Reihen-Saugdruck-Sollwerts gemäß den erfindungsgemäßen Lehren. Diese Saugdruck-Sollwert-Steuerlogik **80** wird ebenfalls im Allgemeinen in die Kühlsteuervorrichtung **30** programmiert, die den Saugdruck über das Ein- und Ausschalten der verschiedenen Verdichter **12** in der Verdichterreihe **18** adaptiv ändert. Der vorrangige Zweck dieser adaptiven Saugdruck-Steuerlogik **80** ist das Ändern des Saugdruck-Sollwerts in solcher Art, dass mindestens ein elektronischer Druckregler (ESR) **28** im Wesentlichen zu 100% offen ist.

**[0043]** Die Saugdruck-Sollwert-Steuerlogik **80** beginnt bei Startblock **82**. Vom Startblock **82** rückt die adaptive Steuerlogik **80** zum Ortungsblock **84** vor, der den führenden Kreislauf **26** basierend auf dem Sollwertkreislauf niedrigster Temperatur, der kein Entfrostern durchläuft, ortet oder identifiziert. Sollte mit anderen Worten Kreislauf A bei  $-23,33^\circ\text{C}$  ( $-10^\circ\text{F}$ ) arbeiten, Kreislauf B bei  $-17,777^\circ\text{C}$  ( $0^\circ\text{F}$ ) arbeiten, würde Kreislauf C bei  $-15^\circ\text{C}$  ( $5^\circ\text{F}$ ) arbeiten und Kreislauf D würde bei  $-12,222^\circ\text{C}$  ( $10^\circ\text{F}$ ) arbeiten, dann würde Kreislauf A bei Block **84** als der führende Kreislauf **26** identifiziert werden. Von Block **84** rückt die Steuerlogik **80** zum Entscheidungsblock **86** vor. Bei Entscheidungsblock **86** erfolgt eine Ermittlung, ob der führende Kreislauf **26** sich gegenüber dem vorherigen führenden Kreislauf **26** geändert hat oder nicht. Diesbezüglich ist bei erstem Anlaufen der Steuerlogik **80** der bei Block **84** gewählte führende Kreislauf **26**, der keinem Entfrostern unterzogen wird, ein neuer führender Kreislauf **26**, so dass dem Ja-Zweig des Entscheidungsblocks **86** hin zum Initialisierungsblock **88** gefolgt wird.

**[0044]** Bei Initialisierungsblock **88** wird der Saugdruck-Sollwert  $P_{SP}$  für den führenden Kreislauf **26** ermittelt, der der Sättigungsdruck des Sollwerts des führenden Kreislaufs ist. Der initialisierte Saugdruck-Sollwert ( $P_{SP}$ ) beruht zum Beispiel auf dem minimalen Sollwert jedes der Kreisläufe A-D ( $SP_{ct1}, SP_{ct2}, \dots SP_{ctN}$ ) oder des führenden Kreislaufes **26**. Wenn die elektronischen Druckregler **28** basierend auf Druck gesteuert werden, wie in [Fig. 3](#) dargelegt wird, wird daher für diesen initialisierten Saugdruck-Sollwert ( $P_{SP}$ ) der bekannte erforderliche Kreislaufdruck-Sollwert ( $SP_{ct}$ ) des führenden Kreislaufes (d.h. Kreislauf A) gewählt. Wenn die elektronischen Druckregler **28** basierend auf Temperatur gesteuert werden, wie in [Fig. 4](#) dargelegt wird, dann werden von der Steuerlogik **80** Druck-Temperatur-Nachschlagetabellen oder -karten zum Umwandeln des Mindest-Kreislauf-Temperatur-Sollwerts ( $SP_{ct}$ ) des führenden Kreislaufes **26** in den initialisierten Saugdruck-Sollwert ( $P_{SP}$ ) verwendet. Bei Kreislauf A, der bei  $-23,333^\circ\text{C}$  ( $-10^\circ\text{F}$ ) arbeitet, würde die Steuerlogik **80** zum Beispiel den initialisierten Saugdruck-Sollwert ( $P_{SP}$ ) basierend auf Druck-Temperatur-Nachschlagetabellen oder -karten für das in dem System verwendete Kühlmittel ermitteln. Da der Saugdruck-Sollwert ( $P_{SP}$ ) vom dem führenden Kreislauf A genommen wird, ist dieser im Wesentlichen ein Mindestwert aller Kühlmittelsättigungsdrücke jedes der Kreisläufe A-D.

**[0045]** Sobald der Mindestsaugdruck-Sollwert ( $P_{SP}$ ) in Initialisierungsblock **88** initialisiert ist, geht die adaptive Steuerung bzw. der Algorithmus **80** zum Abtastblock **90** weiter. Bei Abtastblock **90** tastet die adaptive Steuerlogik **80** den Fehlerwert ( $E_{ct}$ ) (Differenz zwischen dem tatsächlichen Kreislaufdruck und dem entsprechenden Kreislaufdruck-Sollwert, wenn eine auf Druck basierende Steuerung ausgeführt wird (siehe [Fig. 3](#)), wenn die auf Temperatur basierende Steuerung  $E_{ct}$  die Differenz zwischen der tatsächlichen Kreislauf-Temperatur und dem entsprechenden Kreislauf-Temperatur-Sollwert (siehe [Fig. 4](#)) ist) und den Ventilöffnungsprozentsatz

(VO\_ct) in dem führenden Kreislauf 10 Minuten lang alle 10 Sekunden ab. Wenn der führende Kreislauf A Entfrosten unterzogen wird, wird die Abtastung dann am nächsten führenden Kreislauf (d.h. dem nächst höheren Temperatur-Sollwert-Kreislauf) ausgeführt, was hierin weiter beschrieben wird. Dieser Satz aus sechzig Datenabtastungen des führenden Kreislaufs A wird dann zur Berechnung des Prozentsatzes der Fehlerwerte (E\_ct) und der Ventilöffnungen (VO\_ct), die bestimmte Bedingungen erfüllen, in Berechnungsblock **92** verwendet.

**[0046]** In Berechnungsblock **92** werden der Prozentsatz der Fehlerwerte (E\_ct), die unter 0 (E0) liegen; der Prozentsatz der Fehlerwerte (E\_ct), die über 0 und unter 1 (E1) liegen, und die Ventilöffnungen (VO\_ct), die größer als neunzig Prozent sind, in Berechnungsblock ermittelt, was wie in Block **92** gezeigt durch VO wiedergegeben wird. Angenommen zum Beispiel der Abtastblock **90** tastet die folgenden Fehlerdaten ab:

1	<u>+0,5</u>	[-1,0]	<u>+0,1</u>	+1,8	[-1,0]	[-1,0]
2	<u>+1,0</u>	[-1,5]	[-1,5]	+2,0	[-2,0]	<u>0,1</u>
3	+2,0	[-3,0]	<u>+0,5</u>	+6,0	[-2,0]	<u>0,2</u>
4	+3,0	[-7,0]	[-0,3]	+3,0	[-2,2]	<u>0,5</u>
5	+1,5	[-4,0]	<u>+0,4</u>	+1,5	[-2,8]	<u>0,9</u>
6	<u>+0,7</u>	[-2,0]	<u>+0,7</u>	<u>+0,9</u>	[-2,3]	1,2
7	<u>+0,2</u>	[-3,0]	<u>+0,8</u>	<u>+0,8</u>	[-5,5]	1,3
8	<u>0,0</u>	[-1,5]	+1,1	<u>+0,1</u>	[-6,0]	1,6
9	[-0,3]	[-0,5]	+1,7	[-0,3]	[-4,0]	1,8
10	[-0,8]	[-0,1]	+1,3	[-0,8]	[-2,0]	2,0

wobei jede Spalte eine alle zehn Sekunden genommene Messung darstellt, wobei sechs Spalten einen gesamten Datensatz von 60 Datenpunkten darstellen. Es gibt 17 Fehlerwerte (E\_ct), die zwischen 0 und 1 liegen und oben durch Unterstreichen kenntlich gemacht sind, was ein E1 von  $17/60 \times 100\% = 28,3\%$  ergibt. Es gibt auch 27 Fehlerwerte (E\_ct), die unter 0 liegen und oben durch Klammern kenntlich gemacht sind, was ein E0 von  $27/60 \times 100\% = 45\%$  ergibt. Analog werden die Ventilöffnungsprozentsätze im Wesentlichen in gleicher Weise basierend auf Messungen der Ventilöffnung (VO\_ct) ermittelt.

**[0047]** Von Berechnungsblock **92** geht die Steuerlogik **80** zu Zweig **94** des Verfahrens 1, zu Zweig **96** des Verfahrens 2 oder Zweig **98** des Verfahrens 3 weiter, wobei jedes dieser Verfahren ein im Wesentlichen ähnliches Endsteuerergebnis liefert. Die Verfahren 1 und 2 nutzen nur die Daten E0 und E1, während Verfahren 3 nur die Daten E1 und VO einsetzt. Die Verfahren 1 und 3 können mit elektronischen Druckreglern **28** eingesetzt werden, während Verfahren 2 mit mechanischen Druckreglern verwendet werden kann. Eine Wahl des zu verwendenden Verfahrens wird daher im Allgemeinen basierend auf der im Kühlsystem **10** eingesetzten Art von Geräten ermittelt.

**[0048]** Von Verfahren 1 Zweig **94** geht die Steuerlogik **80** zu Stellblock **100**, der das elektronische Schrittlerventil **28** für den führenden Kreislauf A während der Kühlung auf 100% offen setzt. Sobald das elektronische Schrittlerventil **28** für Kreislauf A auf 100% offen gesetzt ist, geht die Steuerlogik **80** weiter zu Fuzzy-Logik-Block **102**. Fuzzy-Logik-Block **102**, der im Weiteren eingehend beschrieben wird, verwendet Zugehörigkeitsfunktionen für E0 und E1, um eine Änderung des Saugdruck-Sollwerts (dP) zu ermitteln. Sobald diese Änderung des Saugdruck-Sollwerts (dP) basierend auf dem Fuzzy-Logik-Block **102** ermittelt ist, geht die Steuerlogik **80** zum Aktualisierungsblock **104** weiter. Beim Aktualisierungsblock **104** wird ein neuer Saugdruck-Sollwert P\_SP basierend auf der Änderung des Drucksollwerts (dP) ermittelt, wobei neuer P\_SP = alter P\_SP + dP ist.

**[0049]** Vom Aktualisierungsblock **104** kehrt die Steuerlogik **80** zum Ortungsblock **84** zurück, der den führenden Kreislauf **26** ortet oder wieder identifiziert. Diesbezüglich wird, falls sich der aktuelle führende Kreislauf A im Entfrostmodus befindet, der nächste führende Kreislauf der verbleibenden Kreisläufe **26** im System

(Kreislauf B–Kreislauf D) beim Ortungsblock **84** identifiziert. Hier stellt der Entscheidungsblock **86** wiederum fest, dass sich der führende Kreislauf **26** geändert hat, so dass der Initialisierungsblock **88** einen neuen Saugdruck-Sollwert (P\_SP) basierend auf dem neuen gewählten führenden Kreislauf **26** ermittelt. Sollte sich Kreislauf A nicht im Entfrostmodus befinden und sollten die Temperaturen für jeden Kreislauf **26** nicht angepasst worden sein, geht die Steuerlogik vom Entscheidungsblock **86** weiter zu Abtastblock **90**, um das Abtasten von Daten fortzusetzen. Sollte der führende Kreislauf A in den Entfrostmodus gesetzt worden sein, steuert auf diese Weise der nächste führende Kreislauf **26** den Reihen-Saugdruck, und da dieser führende Kreislauf **26** eine Temperatur hat, die nicht so kalt wie die anfängliche Leittemperatur ist, wird basierend auf dieser durch die Blöcke **84**, **86** und **88** gebildeten, Energie sparenden Rückführung Energie gespart.

**[0050]** Unter Bezug auf Verfahren 2 Zweig **96** geht dieses Verfahren ebenfalls weiter zu einem Fuzzy-Logik-Block **106**, der die Änderung des Saugdruck-Sollwerts (dP) basierend auf E0 und E1 ermittelt, was im Wesentlichen ähnlich dem Fuzzy-Logik-Block **102** ist. Von Block **106** geht die Steuerlogik **80** weiter zum Aktualisierungsblock **108**, der den Saugdruck-Sollwert (P\_SP) basierend auf der Änderung des Saugdruck-Sollwerts (dP) aktualisiert. Vom Aktualisierungsblock **108** kehrt die Steuerlogik **80** zum Ortungsblock **84** zurück.

**[0051]** Unter Bezug auf das Verfahren 3 Zweig **98** nutzt dieses Verfahren den Fuzzy-Logik-Block **110**, der eine Änderung des Saugdruck-Sollwerts (dP) basierend auf E1 und VO ermittelt, was hier weiter erläutert wird. Vom Fuzzy-Logik-Block **110** geht die Steuerlogik **80** weiter zum Aktualisierungsblock **112**, der den Saugdruck-Sollwert  $P\_SP = \text{alter } P\_SP + dP$  erneut aktualisiert. Vom Aktualisierungsblock **112** kehrt die Steuerlogik **80** wieder zum Ortungsblock **84** zurück. Zu beachten ist, dass Verfahren 1 Zweig **94** zwar den führenden Kreislauf A über Block **100** zu einer Öffnung von 100% zwingt, doch Verfahrenszweige 2 und 3 basierend auf den in den [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) gezeigten Steuerungen schließlich das elektronische Schrittreglerventil **28** des führenden Kreislaufs A anweisen, zu im Wesentlichen 100% zu öffnen.

**[0052]** Unter Hinwendung auf [Fig. 6](#) wird die in Verfahren 1 Zweig **94** und Verfahren 2 Zweig **96** für die Fuzzy-Logik-Blöcke **102** und **106** verwendete Fuzzy-Logik eingehend weiter beschrieben. Diesbezüglich wird die Zugehörigkeitsfunktion für E0 in Schaubild 6A gezeigt, während die Zugehörigkeitsfunktion für E1 in Schaubild 6B gezeigt wird. Die Zugehörigkeitsfunktion E0 umfasst eine E0\_Lo Funktion, eine E0\_Avg und eine E0-Hi Funktion. Analog umfasst die Zugehörigkeitsfunktion für E1 auch eine E1\_Lo Funktion und eine E1\_Avg Funktion sowie eine E1\_Hi Funktion, wie in Schaubild 6B gezeigt wird. Zur Ermittlung der Änderung des Saugdruck-Sollwerts (dP) wird in [Fig. 6](#) für E0 = 40% und E1 = 30% eine Abtastberechnung vorgesehen.

**[0053]** Bei Schritt 1, der der Fuzzifizierungsschritt ist, haben wir für E0 = 40% sowohl einen Wert E0\_Lo von 0,25 als auch einen Wert von E0\_Avg von 0,75, wie in Schaubild 6A gezeigt. Sobald der Fuzzifizierungsschritt 1 ausgeführt ist, geht die Berechnung zu Schritt 2 weiter, der ein auf der Wahrheitstabelle 6 beruhender Min/Max-Schritt ist. Diesbezüglich wird jede Kombination des Fuzzifizierungsschritts im Hinblick auf die Wahrheitstabelle 6C geprüft. Diese Kombinationen umfassen E0\_Lo mit E1\_Lo; E0\_Lo mit E1\_Avg; E0Avg mit E1\_Lo und E0\_Avg mit E1\_Avg. Unter Verweis auf die Wahrheitstabelle 6C liefert E0\_Lo und E1\_Lo NBC, was eine Negative Große Änderung (Negative Big Change) ist. E0\_Lo und E1\_Avg liefert NSC, was eine Negative Kleine Änderung (Negative Small Change) ist, E0\_Avg und E1\_Lo liefert PSC oder eine Positive Kleine Änderung (Positive Small Change). E0\_Avg und E1\_Avg liefert PSC oder eine Positive Kleine Änderung. Beim Minimierungsschritt wird ein Mindestwert jeder dieser Kombinationen ermittelt, wie in Schritt 2 gezeigt wird. Der Höchstwert wird ebenfalls ermittelt, der ein PSC = 0,5 und NSC = 0,25 sowie ein NBC = 0,25 liefert.

**[0054]** Von Schritt 2 geht die Abtastberechnung weiter zu Schritt 3, der der Defuzzifizierungsschritt ist. Bei Schritt 3 wird die Änderung des Nettodruck-Sollwerts mit Hilfe folgender Formel berechnet:

$$\underline{+2 (PBC) + 1 (PSC) + 0 (NC) - 1 (NSC) - 2 (NBC)}$$

$$PBC + PSC + NC + NSC + NBC$$

**[0055]** Durch Einsetzen der geeigneten Werte für die Variablen erhalten wir eine Nettodruck-Sollwertänderung von -0,25, wie in Schritt 3 des Defuzzifizierungsschritts gezeigt wird, die gleich dP ist. Dieser Wert wird dann von dem Saugdruck-Sollwert in den entsprechenden Aktualisierungsblöcken **104** oder **108** subtrahiert.

**[0056]** Für Verfahren 3 Zweig **98** werden die Zugehörigkeitsfunktion für VO und die Zugehörigkeitsfunktion für E1 entsprechend in [Fig. 7](#) gezeigt. Hier werden wiederum die drei gleichen Berechnungen des Schritts 1 (Fuzzifizierung); des Schritts 2 (Min/Max) und des Schritts 3 (Defuzzifizierung) ausgeführt, um die Nettodruck-Sollwertänderung dP basierend auf der in Schaubild 7A gezeigten Zugehörigkeitsfunktion für VO, der in Schaubild 7B gezeigten Zugehörigkeitsfunktion für E1 und der Wahrheitstabelle 7C zu ermitteln.

[0057] Unter Bezug nun auf [Fig. 8](#) wird eine Steuerlogik **116** für eine gleitende Kreislauf-temperatur dargestellt. Die Steuerlogik **116** für eine gleitende Kreislauf-temperatur beruht auf dem Nehmen von Temperaturmessungen der in [Fig. 2](#) gezeigten Produktsonde **50**, die die Produkttemperatur für das bestimmte Produkt in dem bestimmten Kreislauf **26** simuliert, der überwacht wird. Die Steuerlogik **116** für eine gleitende Kreislauf-temperatur setzt bei Startblock **118** ein. Von Startblock **118** geht die Steuerlogik weiter zu Differentialblock **120**. Im Differentialblock **120** wird die durchschnittliche Produktsimulationstemperatur der letzten einen Stunde oder eines anderen geeigneten Zeitraums von einer maximal zulässigen Produkttemperatur subtrahiert, um eine Differenz (diff) zu ermitteln. Diesbezüglich werden vorzugsweise zum Beispiel alle zehn Sekunden Messungen der Produktsonde **50** genommen, wobei ein laufendes Mittel über eine bestimmte Zeitdauer, beispielsweise eine Stunde, genommen wird. Die maximal zulässige Produkttemperatur wird im Allgemeinen durch die Art des in dem bestimmten Kühlgehäuse **22** gelagerten Produkts gesteuert. Bei Fleischwaren zum Beispiel ist zum Beispiel ein Grenzwert von 5°C (41°F) im Allgemeinen die maximal zulässige Temperatur für das Aufbewahren von Fleisch in einem Kühlgehäuse **22**. Um einen weiteren Puffer zu bieten, kann bei Fleisch die maximal zulässige Produkttemperatur 2,77°C (5°F) unter diesem Höchstwert eingestellt werden, d.h. 2,222°C (36°F).

[0058] Vom Differentialblock **120** geht die Steuerlogik **116** entweder weiter zu Ermittlungsblock **122**, Ermittlungsblock **124** oder zu Ermittlungsblock **126**. Wenn bei Ermittlungsblock **122** die Differenz zwischen der durchschnittlichen Produktsimulatortemperatur und der maximal zulässigen Produkttemperatur von Differentialblock **120** über -2,77°C (5°F) liegt, wird bei Änderungsblock **128** eine Senkung des Temperatur-Sollwerts für den bestimmten Kreislauf **26** um 2,77°C (5°F) vorgenommen. Von hier kehrt die Steuerlogik zu Startblock **118** zurück. Dieser Zweig erkennt, dass die durchschnittliche Produkttemperatur zu warm ist und daher abgesenkt werden muss. Wenn bei Entscheidungsblock **124** die Differenz größer als -2,77°C (-5°F) und kleiner als 2,77°C (5°F) ist, zeigt dies, dass die durchschnittliche Produkttemperatur nahe genug an der maximal zulässigen Produkttemperatur liegt, und es wird bei Block **130** keine Änderung des Temperatur-Sollwerts ausgeführt. Sollte die Differenz wie in Ermittlungsblock **126** ermittelt unter -2,77°C (-5°F) liegen, wird bei Block **132** eine Anhebung des Temperatur-Sollwerts des Kreislaufs um 2,77°C (5°F) vorgenommen.

[0059] Durch Gleitenlassen der Kreislauf-temperatur für den gesamten Kreislauf **26** oder das bestimmte Gehäuse **22** basierend auf der simulierten Produkttemperatur kann das Kühlgehäuse **22** effizienter betrieben werden, da die Steuerkriterien basierend auf der Produkttemperatur und nicht der Gehäusetemperatur ermittelt werden, was ein genaueres Hinwies auf die gewünschten Temperaturen ist. Ferner ist zu beachten, dass zwar in der Steuerlogik **116** ein Differential von 2,77°C (5°F) bestimmt wurde, doch würde der Fachmann auf dem Gebiet erkennen, dass ein höheres oder niedrigeres Temperaturdifferential eingesetzt werden kann, um eine sogar noch größere Feinabstimmung zu bieten, und dass zum Gleitenlassen der Kreislauf-temperatur lediglich eine Differentialgrenzwert für die hohe und niedrige Temperatur erforderlich ist. Ferner ist zu beachten, dass durch Verwenden der Steuerlogik **116** für die gleitende Kreislauf-temperatur in Kombination mit der Steuerlogik **80** für den gleitenden Saugdruck weitere Energieeinsparungen verwirklicht werden können.

[0060] Die vorstehende Beschreibung offenbart und beschreibt lediglich beispielhafte erfindungsgemäße Ausführungen. Der Fachmann wird dieser Beschreibung und den Begleitzeichnungen problemlos entnehmen können, dass daran verschiedene Änderungen, Abwandlungen und Veränderungen vorgenommen werden können, ohne vom Schutzzumfang der durch die folgenden Ansprüche angegebenen Erfindung abzuweichen.

### Patentansprüche

1. Vorrichtung (**10**) zur Steuerung eines Kühlsystems, wobei die Vorrichtung (**10**) umfasst:

- mehrere Kreisläufe (**26**), einschließlich eines führenden Kreislaufs (**4**), wobei jeder Kreislauf (**26**) mindestens ein Kühlgehäuse (**22**) aufweist, wobei der führende Kreislauf (**4**) unter den mehreren Kreisläufen (**26**) einen niedrigsten Temperatur-Sollwert aufweist;
- einen elektronischen Verdampferdruckregler (**28**), der mit jedem Kreislauf (**26**) in Verbindung steht, wobei jeder der elektronischen Verdampferdruckregler (**28**) zur Regelung der Temperatur eines der Kreisläufe (**26**) ausgelegt ist;
- einen Sensor (**36, 44, 46, 50**), der mit jedem Kreislauf (**26**) in Verbindung steht und zum Messen eines Parameters aus dem Kreislauf (**26**) ausgelegt ist;
- mehrere Verdichter (**12**), wobei jeder Verdichter Teil einer Verdichterreihe (**18**) ist; und
- eine Steuervorrichtung (**30**), die zum Steuern jedes elektronischen Verdampferdruckreglers ausgelegt ist, um die Temperatur in den mehreren Kreisläufen (**26**) zu regeln,

**dadurch gekennzeichnet**, dass

die Steuervorrichtung (**30**) durch Bestimmen einer Änderung des Parameters aus dem führenden Kreislauf (**4**) und anhand der Änderung des Parameters durch Aktualisieren eines Temperatur-Sollwerts bzw. eines Saug-

druck-Sollwerts zur Regelung der in den mehreren Kreisläufen (26) herrschenden Temperatur wirksam ist.

2. Vorrichtung (10) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der elektronische Verdampferdruckregler (28) des führenden Kreislaufs (4) im Wesentlichen zu hundert Prozent offen ist.

3. Vorrichtung (10) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass jeder der mit jedem der Kreisläufe (26) in Verbindung stehenden Sensoren (36) zum Messen eines Kühlmitteldrucks jeder der Kreisläufe (26) ausgelegt ist.

4. Vorrichtung (10) nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuervorrichtung die Verdampferdruckregler (28) anhand der Kühlmitteldruckmessungen und zumindest eines einer Messung der in einem Gebäude herrschenden relativen Feuchtigkeit und eines Unterkühlungswerts eines den mehreren Kreisläufen (26) gelieferten flüssigen Kühlmittels steuert.

5. Vorrichtung (10) nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuervorrichtung (30) zwischen dem Kühlmitteldruckmesswert und einem aus mindestens einer in einem Gebäude herrschenden relativen Feuchtigkeit und dem Unterkühlungswert des flüssigen Kühlmittels abgeleiteten Kreislaufdruck-Sollwert einen Fehlerwert bestimmt.

6. Vorrichtung (10) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Sensor (44, 46, 50) die Temperatur misst.

7. Vorrichtung (10) nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Wert aus einem Durchschnittswert eines Minimal-/Maximaltemperaturmesswerts zur elektronischen Steuerung der Verdampferdruckregler (28) eingesetzt wird.

8. Vorrichtung (10) nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuervorrichtung (30) zwischen dem zumindest einen Wert aus einem Durchschnittswert und einem Minimal-/Maximaltemperaturmesswert und einem Kreislauftemperatursollwert einen Fehlerwert bestimmt.

9. Vorrichtung (10) nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuervorrichtung (30) für die Verdampferdruckregler (28) anhand des Fehlerwerts einen prozentualen Wert der Öffnung bestimmt und eine Ventilstellung der mehreren Verdampferdruckregler (28) elektronisch einstellt.

10. Vorrichtung (10) nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuervorrichtung (30) anhand eines simulierten Produkttemperaturmesswerts eine Kreislauftemperatur wenigstens eines der mehreren Kreisläufen (26) gleiten lässt.

11. Vorrichtung (10) nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuervorrichtung (30) anhand von über einen vorbestimmten Zeitraum genommenen Produktsimulationswerten die Produktsimulationstemperatur mittelt.

12. Vorrichtung (10) nach Anspruch 1, die ferner Mittel zum Erkennen eines neuen, dem nächstniedrigsten Temperatursollwert entsprechenden führenden Kreislaufs aus den mehreren Kreisläufen, wenn der führende Kreislauf beim Entfrostern ist, umfasst.

13. Vorrichtung (10) nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass anhand des neu erkannten führenden Kreislaufs ein neuer Saugdruck-Sollwert für die Verdichterreihe (18) eingerichtet wird.

14. Verfahren zur Steuerung eines Kühlsystems, wobei das System umfasst:

- mehrere Kreisläufe (26), einschließlich eines führenden Kreislaufs (4), wobei jeder Kreislauf (26) mindestens ein Kühlgehäuse (22) und der führende Kreislauf (4) einen niedrigsten Temperatur-Sollwert unter den mehreren Kreisläufen (26) aufweist;
  - mehrere Verdichter, die eine Verdichterreihe (18) bilden;
  - einen elektronischen Verdampferdruckregler (28), der mit jedem Kreislauf (26) in Verbindung steht; und
  - einen Sensor (36, 44, 46, 50), der mit jedem Kreislauf (26) in Verbindung steht,
- wobei das Verfahren umfasst:
- das Betreiben des elektronischen Verdampferdruckreglers (28) zur Regelung einer Temperatur einer der Kreisläufe (26);
  - das Messen eines Parameters aus dem Kreislauf (26) durch den Sensor (36, 44, 46, 50);

und

– das Steuern jedes der elektronischen Verdampferdruckregler (**28**) durch Bestimmen einer Änderung des Parameters aus dem führenden Kreislauf (**4**) und anhand der Änderung des Parameters durch Aktualisieren eines Temperatur-Sollwerts bzw. eines Saugdruck-Sollwerts zur Regelung der in den mehreren Kreisläufen (**26**) herrschenden Temperatur.

15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass der Schritt des Messens eines Parameters aus dem Kreislauf (**26**) durch den Sensor (**36**) das Messen eines Kühlmitteldrucks jedes der Kreisläufe umfasst.

16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass der Schritt des Steuerns die Steuerung der Verdampferdruckregler (**28**) anhand der Kühlmitteldruckmessungen umfasst.

17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass der Schritt des Steuerns weiterhin die Steuerung der Verdampferdruckregler (**28**) anhand von zumindest eines einer Messung der in einem Gebäude herrschenden relativen Feuchtigkeit und eines Unterkühlungswerts eines an die mehreren Kreisläufe (**26**) gelieferten flüssigen Kühlmittels umfasst.

18. Verfahren nach Anspruch 17, das weiterhin den Schritt des Bestimmen eines Fehlerwerts zwischen dem Kühlmitteldruckmesswert und einem aus mindestens einer in einem Gebäude herrschenden relativen Feuchtigkeit und dem Unterkühlungswert des Kühlmittels abgeleiteten Kreislaufdruck-Sollwert umfasst.

19. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass der im Messschritt gemessene Parameter eine durch den Sensor (**44, 46**) gemessene Temperatur ist.

20. Verfahren nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass der Schritt des Steuerns der elektronischen Druckregler (**28**) das Mitteln eines Minima-/Maximalwerts der Temperaturmessung umfasst.

21. Verfahren nach Anspruch 20, das weiterhin den Schritt des Bestimmens eines Fehlerwerts zwischen mindestens einem Durchschnittwert und einem Minimal-/Maximalwert der Temperaturmessungen bei einem Kreislauftemperatur-Sollwert umfasst.

22. Verfahren nach Anspruch 21, das weiterhin den Schritt des Bestimmens eines prozentualen Werts der Öffnung für die Verdampferdruckregler (**28**) anhand des Fehlerwerts und der elektronischen Einstellung einer Ventilstellung der mehreren Verdampferdruckregler (**28**) umfasst.

23. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass der Sensor eine simulierte Produkttemperatur misst.

24. Verfahren nach Anspruch 23, das weiterhin den Schritt des Gleitenlassens einer Kreislauftemperatur wenigstens eines der mehreren Kreisläufe (**26**) anhand des simulierten Produkttemperaturmesswerts umfasst.

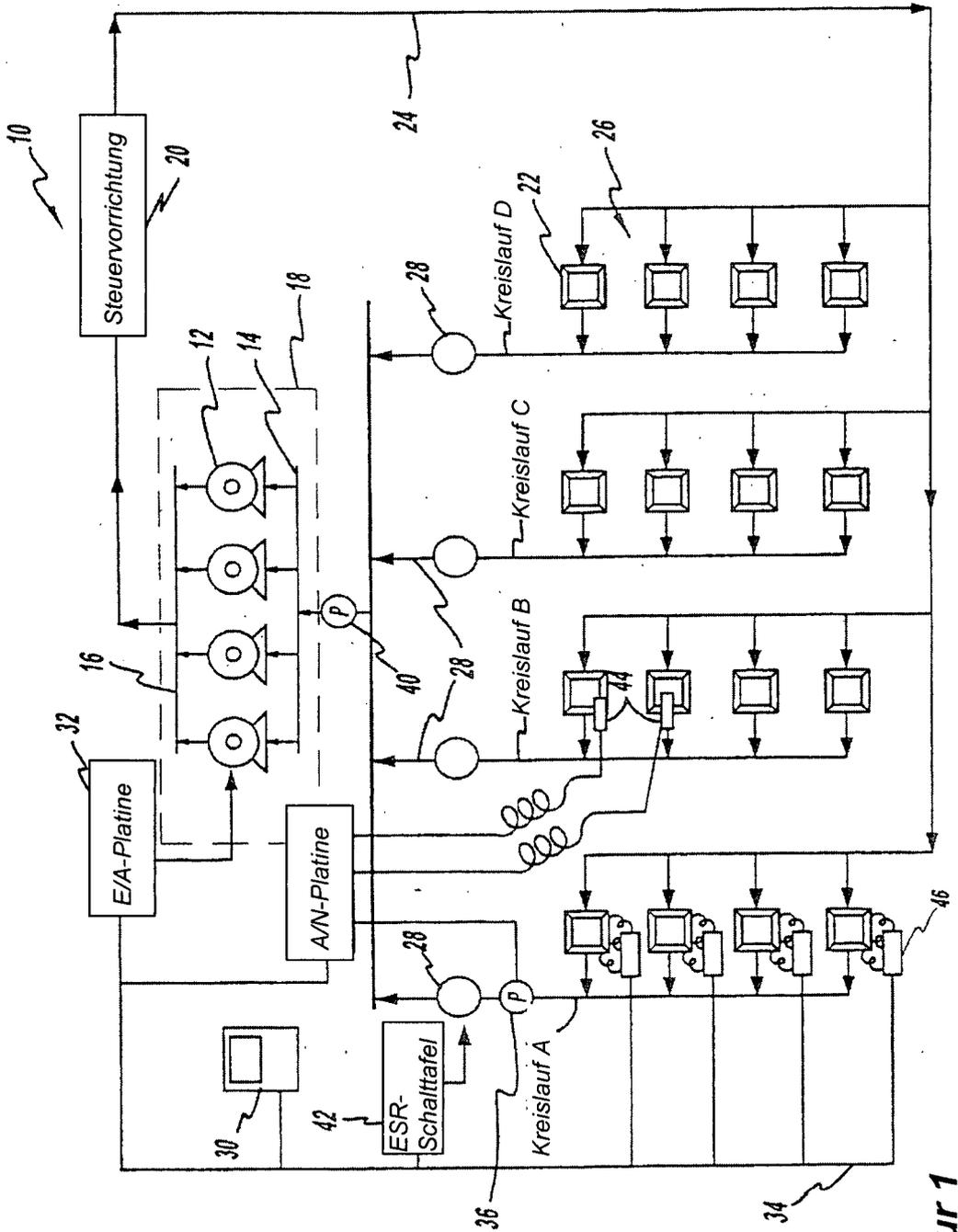
25. Verfahren nach Anspruch 24, das weiterhin den Schritt des Mittelns der Produktsimulationstemperatur anhand von mehreren über einen vorbestimmten Zeitraum genommenen Produktsimulationswerte umfasst.

26. Verfahren nach Anspruch 14, das weiterhin den Schritt des Erkennens eines neuen führenden Kreislaufs aus den mehreren Kreisläufen, wenn der führende Kreislauf beim Entfrosten ist, umfasst.

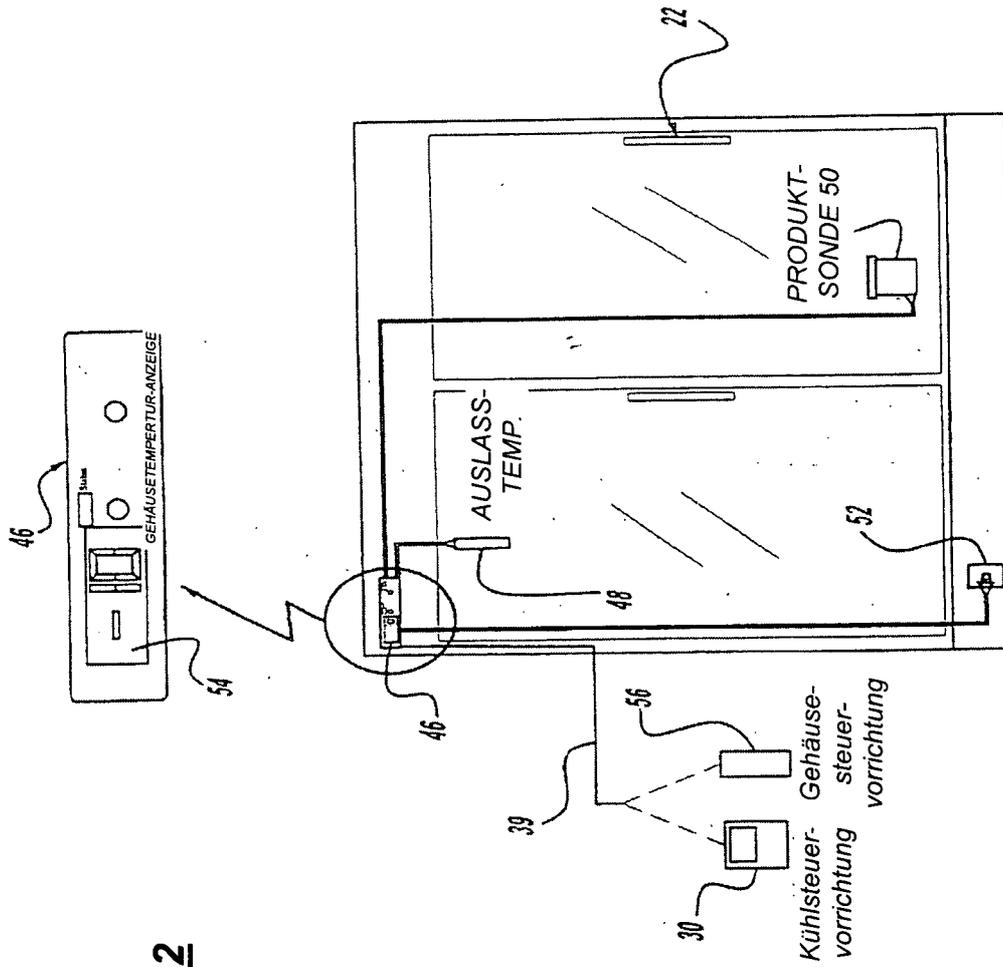
27. Verfahren nach Anspruch 26, das weiterhin den Schritt des Einrichtens eines neuen Saugdruck-Sollwerts für die Verdichterreihe (**18**) anhand des neu erkannten führenden Kreislaufs umfasst.

Es folgen 8 Blatt Zeichnungen

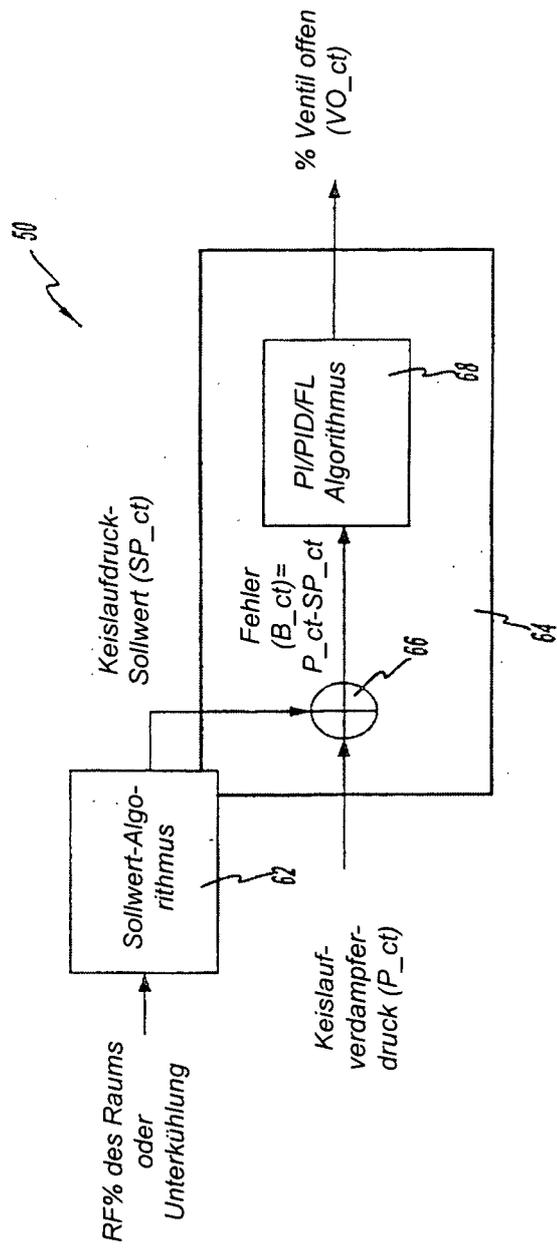
Anhängende Zeichnungen



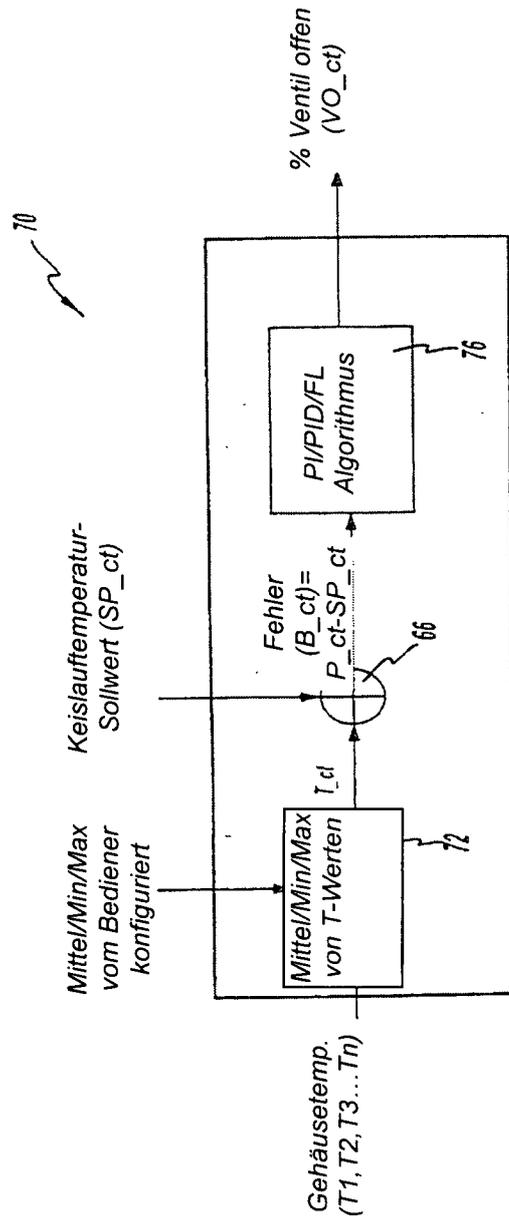
**Figur 1**



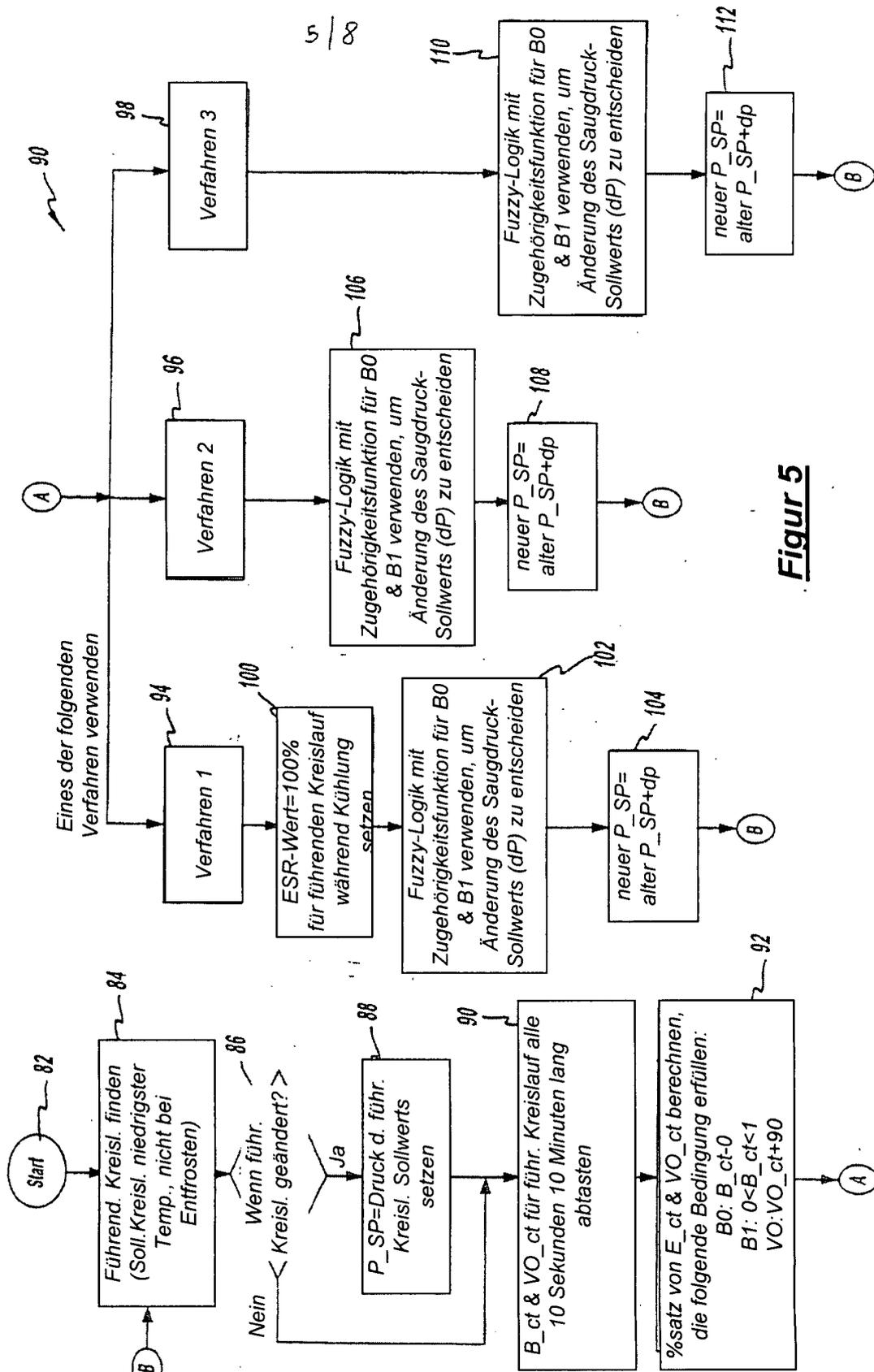
**Figur 2**



**Figur 3**



**Figur 4**



**Figur 5**

Zugehörigkeitsfunktion für E0

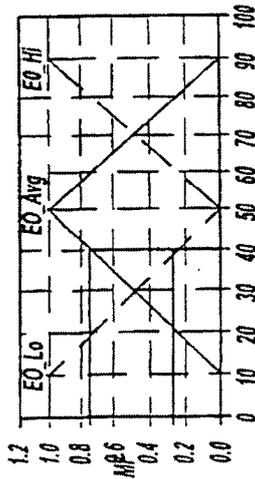


Schaubild 6A

Hinweis: E0 ist d. Prozents. von E<sub>ct</sub>, der in einem Zeitraum v. 10 Minuten unter Null liegt

E1 ist d. Prozents. von E<sub>ct</sub>, der in einem Zeitraum von 10 Minuten zwischen Null und 1 F liegt

Zugehörigkeitsfunktion für E1

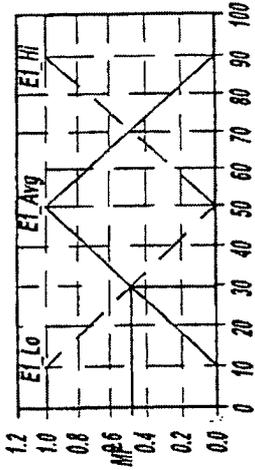


Schaubild 6B

Hinweis: E0 ist d. Prozents. von E<sub>ct</sub>, der in einem Zeitraum v. 10 Minuten unter Null liegt

E1 ist d. Prozents. von E<sub>ct</sub>, der in einem Zeitraum von 10 Minuten zwischen Null und 1 F liegt

**Figur 6**

WAHRHEITSTABELLE 6C

Ei(j)	1	2	3
E1(j)	Lo	Avg	Hi
1	Lo	NBC	NC
2	Avg.	PSC	PSC
3	Hi	PBC	PBC

Menge geändert

NBC: negative große Änderung =(-2 Psi)-13,8 MPa

NSC: negative kleine Änderung =(-1 Psi)-6,9 MPa

NC: keine Änderung = 0

PSC: positive kleine Änderung =(1 Psi) 6,9 MPa

PBC: positive große Änderung =(2 Psi) 13,8 MPa

Abtatsberechnung: für E0=40%: E1=30%

Schritt 1: Fuzzifizierung

Für E0=40% aus Zugeh.Funktionskarte für E0 erhalten wir E0\_Lo=0,25;

E0\_Avg=0,75

Für E1=30% aus Zugeh.Funktionskarte für E1 erhalten wir E1\_Lo=0,5;

E1\_Avg=0,5

Schritt 2: MinMax: Siehe Wahrheitstabelle

E0\_Lo=0,25 und E1\_Lo=0,5=>NBC=Min(0,25,0,50)=0,25

E0\_Lo=0,25 und E1\_Avg=0,5=>NBC=Min(0,25,0,50)=0,25

E0\_Avg=0,75 und E1\_Lo=0,5=>PSC=Min(0,75,0,50)=0,50

E0\_Avg=0,75 und E1\_Avg=0,5=>PSC=Min(0,75,0,50)=0,50

Man nehme nun den Maximalwert des üblichen Werts, d.h. PSC=0,50;

NSC=0,25; NBC=0,25

Schritt3: Defuzzifizierungsschritt:

Nettodruck-Sollwertänderung=+1\*PSC-1\*NSC-2\*NBC/(PSC+NSC+NBC)

=+1\*0,50-1\*0,25-2\*0,25/(0,5+0,25+0,25)

=0,25

Zugehörigkeitsfunktion für VO

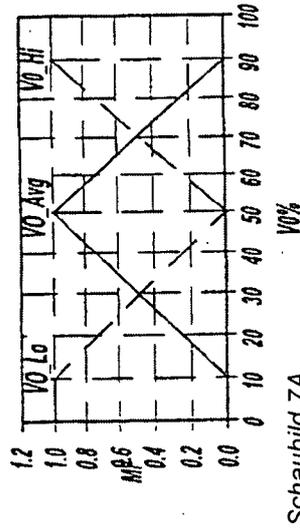


Schaubild 7A

Hinweis: VO ist der Prozentsatz von V<sub>ct</sub>, der in einem Zeitraum von 10 Minuten unter 90% Ventilöffnung liegt

E1 ist der Prozentsatz von E<sub>ct</sub>, der in einem Zeitraum von 10 Minuten zwischen Null und 1 F liegt

Zugehörigkeitsfunktion für E1

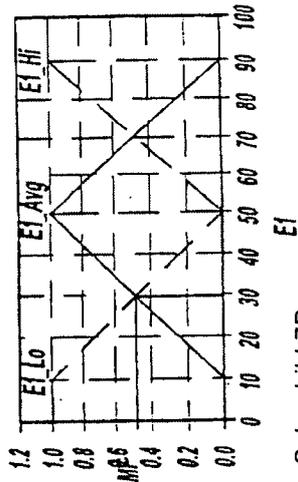


Schaubild 7B

WAHRHEITSTABELLE 7C			
E1(j)	1	2	3
VO(i)	Lo	Avg	Hi
1	Lo	PBC	PBC
2	Avg	PSC	PSC
3	Hi	NBC	NSC
			NC

Menge geändert

NBC: negative große Änderung =(-2 Psi)-13,8 MPa

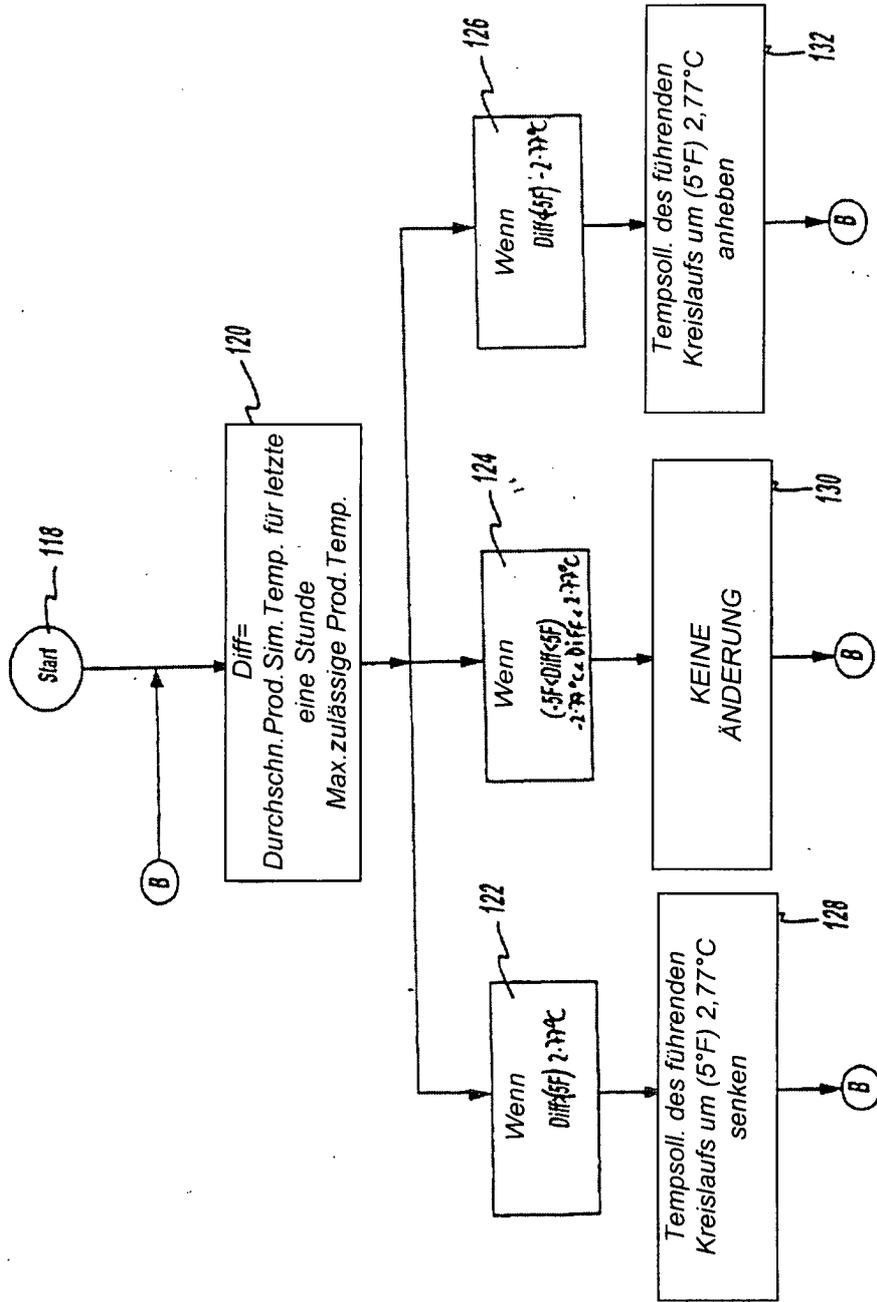
NSC: negative kleine Änderung =(-1 Psi)-6,9 MPa

NC: keine Änderung = 0

PSC: positive kleine Änderung =(+1 Psi) 6,9 MPa

PBC: positive große Änderung =(+2 Psi) 13,8 MPa

**Figur 7**



**Figur 8**