



(10) **DE 20 2005 021 988 U1** 2012.03.29

(12)

## Gebrauchsmusterschrift

(21) Aktenzeichen: **20 2005 021 988.6**

(22) Anmeldetag: **16.08.2005**

(47) Eintragungstag: **06.02.2012**

(43) Bekanntmachungstag im Patentblatt: **29.03.2012**

(51) Int Cl.: **G01K 1/20 (2011.01)**

**G01K 15/00 (2011.01)**

**G01K 7/42 (2011.01)**

(30) Unionspriorität:

**10/930,223                      31.08.2004      US**

(74) Name und Wohnsitz des Vertreters:

**Dreiss Patentanwälte, 70188, Stuttgart, DE**

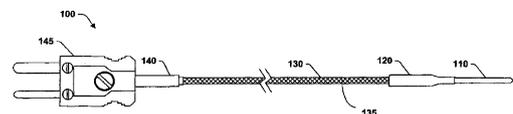
(73) Name und Wohnsitz des Inhabers:

**Watlow Electric Manufacturing Co., St. Louis, Mo.,  
US**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **System zur Kompensation von durch Vorrichtungseinbau und Wärmeübertragung bedingten Fehlern**

(57) Hauptanspruch: Thermisches Sensorsystem mit:  
einem Sensor zum Messen einer Temperatur in einer Nutzerumgebung, der ein die vom Sensor gemessene Temperatur anzeigendes Sensorsignal liefert; und  
einem mit dem Sensor verknüpften Wärmetransfereintrag zum Bereitstellen von Wärmetransferparametern zum Kompensieren der vom Sensor gemessenen Temperatur als Funktion des Wärmetransfers zwischen dem Sensor und der Nutzerumgebung, wobei die Wärmetransferparameter mit vorgegebener Wärmetransferinformation zum Charakterisieren eines Transfers von Wärmeenergie zwischen dem Sensor und der Nutzerumgebung verknüpft sind.



## Beschreibung

### Gebiet der Erfindung

**[0001]** Die Erfindung betrifft allgemein Temperaturüberwachung und insbesondere Systeme zum Kompensieren des Wärmeübertragungsfehlers und anderer wärmeübertragungsbezogener Aspekte eines temperaturbasierenden Systems.

### Hintergrund

**[0002]** Viele thermische Vorrichtungen erzeugen ein Signal in Reaktion auf eine gegebene Umgebungsbedingung. Z. B. hat ein Doppelthermoelement eine Ausgangsspannung aufgrund einer Temperaturdifferenz zwischen einem Ende und dem anderen Ende der thermischen Vorrichtung. Doppelthermoelemente sind analoge Temperatursensoren, die die thermoelektrischen Eigenschaften von zwei ungleichen Materialien, typischerweise Metallen, nutzen, um eine zu einem Temperaturgradienten über der inhomogenen Verbindung der zwei Materialien proportionale elektromagnetische Kraft (EMF) zu erzeugen. Übliche zur Temperaturmessung verwendete Doppelthermoelemente umfassen zwei Metalldrähte mit unterschiedlichen thermoelektrischen Eigenschaften, als Thermoelemente bezeichnet, die an einem Ende verbunden sind, um einen „heißen Übergang“, auch als „Messübergang“ bezeichnet, zu bilden. Die anderen Enden der Drähte sind mit Messinstrumenten wie etwa einem Voltmeter verbunden, um die von dem Doppelthermoelement erzeugte EMF zu messen. Die Drähte sind mit dem Instrument bei einer bekannten Bezugstemperatur verbunden, um einen „Bezugsübergang“ oder „kalten Übergang“ zu bilden.

**[0003]** Zahlreiche thermische Fehler sind mit der Anwendung von Doppelthermoelementen und anderen derartigen Temperatursensoren verbunden. Z. B. gibt es für den jeweiligen Sensor spezifische Fehler und Anwendungsfehler, die mit der Art und Weise zusammenhängen, wie der Sensor in der Anwendung des Nutzers im „Feld“ positioniert oder eingebaut ist (Einbaufehler). Positionier- und Einbaufehler sind oft eine wesentliche Quelle von Temperatursensorfehlern in der Nutzeranwendung. Wenn z. B. die Sensoreinbautiefe gering ist oder ein Temperaturgradient in der Nähe der Spitze des Sensors existiert, ergibt sich ein Wärmefluss „Q“, der die Sensorausgabe signifikant beeinflusst. Dieser Fehler kann leicht mehrere Grad oder mehrere zehn Grad erreichen und der größte Fehler in einem thermischen System sein.

**[0004]** Im Allgemeinen beziehen sich diese Fehlerklassifikationen bei Temperatursensoren auf die Wärmetransfereigenschaften innerhalb des Sensors und auf die Umgebung rund um den Sensor. Z. B. hat ein abgeschirmter Sensor, der einen thermischen Prozess misst, einen Wärmefluss vom Pro-

zess zum Messelement, der einen Grenzschichtwärmefluss vom Prozess zur Sensorabschirmung, einen Wärmefluss von der Abschirmung zum Sensorelement und andere Wärmeflusswege von der Abschirmung zum kalten Ende des Sensors umfasst. Jeder der genannten Wärmeflusswege liefert eine andere Quelle potentieller thermischer Fehler in dem thermischen Messsystem, wenn er nicht geeignet berücksichtigt oder in anderer Weise durch das Messsystem kompensiert wird.

**[0005]** Ein Sensor, der in eine Prozessumgebung angemessen eingetaucht ist, sollte eine vernachlässigbare Temperaturdifferenz zwischen dem Sensorelement und den Prozessbedingungen aufweisen. Ein Sensor, der nicht angemessen in Kontakt mit dem Prozess ist, könnte jedoch signifikante thermische Fehler aufweisen. Z. B. kann eine Oberfläche einer heißen Platte bei 500°C von Raumluft umgeben sein, so dass sich nur knapp über der Oberfläche der Platte Luft mit nahezu Raumtemperatur befindet. Ein Oberflächensensor hätte unter solchen Bedingungen einen sehr steilen thermischen Gradienten von der Oberfläche des Zielobjekts nach knapp oberhalb des Sensorelements (nahezu Umgebungstemperatur), und so ist es sehr wahrscheinlich, dass zwischen dem Sensorelement und dem Zielobjekt eine Differenz vorhanden ist. Außerdem würde eine auf einer Oberfläche platzierte Sonde als Wärmesenke wirken und das Zielobjekt deutlich kühlen, was den Messfehler noch vergrößert.

**[0006]** Obwohl manche gegenwärtigen Messansätze Kalibrierungsdaten verwenden, um die Leistungen zu verbessern, und manche Systeme durch thermische Analyse auf einem bestimmten System kompensiert werden können, bestehen durch thermische Umgebung, Einbau, Anwendung und Sensorspezifika bedingte Fehler fort und beeinträchtigen die Genauigkeit eines Wärme erfassungssystems, Prozessvariabilität und Produktqualität.

**[0007]** Es besteht daher Bedarf für verbesserte Kompensation solcher Wärmeübertragungswege in einem Doppelthermoelementsystem und anderen Temperaturüberwachungssystemen. Die verbesserte Kompensation sollte statische und dynamische Systemfehler minimieren durch Verringerung von Schwankungen in der Sensorausgabe aufgrund von Wärmeübertragung zwischen dem Sensor und der ihn umgebenden thermischen Umgebung sowie aufgrund des thermischen Einbaufehlers des Sensors in der Nutzeranwendung. Die verbesserte Kompensation sollte auch Schwankungen aufgrund von auf den Aufbau des Sensors zurückgehenden sensorspezifischen Fehler verringern.

## Kurzbildbeschreibung

**[0008]** Das Folgende stellt eine vereinfachte Kurzbildbeschreibung dar, die ein grundlegendes Verständnis eines oder mehrerer Aspekte der Erfindung ermöglichen soll. Diese Kurzbildbeschreibung ist keine erschöpfende Darstellung und soll weder essentielle oder kritische Elemente der Erfindung identifizieren noch deren Umfang umreißen. Der Hauptzweck der Kurzbildbeschreibung ist lediglich, einige Aspekte der Erfindung in vereinfachter Form darzustellen, als ein Vorspiel zu der später gegebenen detaillierteren Beschreibung.

**[0009]** Ein Aspekt der Erfindung umfasst ein thermisches Sensorsystem, das einen Sensor zum Messen einer Temperatur in einer Nutzerumgebung und zum Liefern eines die vom Sensor gemessene Temperatur anzeigenden Sensorsignals umfasst. Das System umfasst auch einen dem Sensor zugeordneten Wärmeflussbeleg. Die thermischen Einträge liefern Wärmeflussparameter zur Kompensation der vom Sensor gemessenen Temperatur in Abhängigkeit vom Wärmefluss zwischen dem Sensor und der Nutzerumgebung. Die Wärmeflussparameter sind verknüpft mit vorgegebener Wärmeflussinformation zum Charakterisieren eines Transfers von Wärmeenergie zwischen dem Sensor und der Nutzerumgebung.

**[0010]** Ein anderer Aspekt der Erfindung umfasst ein Temperaturmessfehlerkompensationssystem mit einem Temperatursensor zur Verwendung in einer Sensorumgebung innerhalb einer Nutzeranwendung, der ein Sensorsignal erzeugt. Das System umfasst auch einen dem Sensor zugeordneten Wärmeflussbeleg zum Liefern von einer Wärmeflusscharakteristik zwischen dem Sensor und der Sensorumgebung innerhalb der Nutzeranwendung zugeordneten Wärmeflussparametern. Das System umfasst ferner eine Kommunikationsschnittstelle zum Liefern der Wärmeflussparameter an ein Temperaturmesssystem, das mit der Kommunikationsschnittstelle funktionsmäßig verbunden ist. Das Temperaturmesssystem ist konfiguriert, um in Abhängigkeit von den bereitgestellten Wärmeflussparametern ein kompensiertes Sensorsignal zu bestimmen.

**[0011]** Noch einem anderen Aspekt zufolge umfasst die Erfindung ein Messsystem zum Kompensieren von Wärmefluss zwischen einer thermischen Vorrichtung und einer Nutzerumgebung, die innerhalb einer Nutzeranwendung die thermische Vorrichtung umgibt. Das System umfasst eine thermische Vorrichtung, die in der Nutzerumgebung positioniert werden kann und die ein thermisches Vorrichtungssignal liefert. Das System umfasst ferner einen der thermischen Vorrichtung zugeordneten Wärmeflussbeleg zum Liefern von Wärmeflussparametern einer Wärmeflussfunktion, die wenigstens teilweise die Beziehung zwischen der Temperatur

der thermischen Vorrichtung und dem Wärmefluss zwischen der thermischen Vorrichtung und der Nutzerumgebung beschreibt. Das System umfasst ferner eine Temperaturmessungskompensationsvorrichtung zum Empfangen der Wärmeflussparameter und zum Erzeugen einer kompensierten gemessenen Temperatur als Funktion des Wärmeflusses zwischen der Nutzerumgebung und der thermischen Vorrichtung.

**[0012]** Noch einem anderen Aspekt zufolge umfasst die Erfindung ein System zum Kompensieren einer Temperaturmessung einer thermischen Vorrichtung in einer Nutzerumgebung als Funktion eines Wärmeflusses der thermischen Vorrichtung in einem Temperaturmesssystem. Das System umfasst Mittel zum Eingeben von durch einen Wärmeflussbeleg gespeicherten Wärmeflussparametern, die Wärmeflusscharakteristiken der thermischen Vorrichtung zugeordnet sind. Das System umfasst ferner Mittel zum Messen eines Signals der thermischen Vorrichtung während der Temperaturmessung und das Kompensieren des gemessenen Signals der thermischen Vorrichtung als Funktion der Wärmeflussfunktion.

**[0013]** Weitere Aspekte der Erfindung werden deutlich anhand der nachfolgenden detaillierten Beschreibung. Es versteht sich, dass die detaillierte Beschreibung und die speziellen Beispiele zwar die bevorzugte Ausgestaltung der Erfindung angeben, aber nur zur Veranschaulichung dienen und den Umfang der Erfindung nicht einschränken sollen.

## Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**[0014]** Die vorliegende Erfindung ist vollständiger zu verstehen anhand der detaillierten Beschreibung und der beigefügten Zeichnungen.

**[0015]** [Fig. 1](#) ist ein Diagramm, das eine herkömmliche Doppelthermoelementvorrichtung zeigt, die in einem Temperaturüberwachungssystem verwendet werden kann.

**[0016]** [Fig. 2](#) ist ein beigefügtes schematisches Symbol des herkömmlichen Doppelthermoelements aus [Fig. 1](#) und des Vorzeichens der von der Vorrichtung gelieferten EMF;

**[0017]** [Fig. 3](#) ist ein Diagramm von zwei exemplarischen Wärmesensoren und einer heißen Platte, wobei ein erster Sensor einen Punktkontakt mit der heißen Platte bildet und ein zweiter Sensor in einem Abstand von der Platte entfernt positioniert ist, das die Wirkung eines steilen Temperaturgradienten auf die Sensoren und die thermischen Fehler zeigt, die bei einer Temperaturmessung resultieren können;

[0018] [Fig. 4](#) ist ein Diagramm eines Sensors, der einen Linienkontakt mit einer Wärmequelle wie etwa einer heißen Platte bildet;

[0019] [Fig. 5A](#) ist ein Diagramm eines Sensors in einer Nutzeranwendung mit überwiegend konvektivem Wärmetransfer gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung;

[0020] [Fig. 5B](#) ist ein eindimensionales Wärmeleitfähigkeitsmodell des Sensors in der Nutzeranwendung mit überwiegend konvektivem Wärmetransfer aus [Fig. 5A](#);

[0021] [Fig. 6A](#) ist ein Diagramm eines Sensors in einer Nutzeranwendung mit überwiegend konduktivem Wärmetransfer gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung;

[0022] [Fig. 6B](#) ist ein eindimensionales Wärmeleitfähigkeitsmodell des Sensors in der Nutzeranwendung mit überwiegend konduktivem Wärmetransfer aus [Fig. 6A](#) gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung;

[0023] [Fig. 7A](#) ist ein Diagramm eines Sensors in einer Nutzeranwendung mit überwiegend konvektivem Wärmetransfer, die auch eine radiative Wärmetransferkomponente aufweist, gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung;

[0024] [Fig. 7B](#) ist ein Wärmeleitfähigkeitsmodell des Sensors in der Nutzeranwendung mit konvektivem und radiativem Wärmetransfer nach [Fig. 7A](#) gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung;

[0025] [Fig. 8A](#) ist ein Diagramm eines exemplarischen Sensorsystems zum Liefern von vorgegebenen Informationsparametern, die verwendet werden können, um die Quellen eines Wärmetransfers zwischen einem Sensor und der den Sensor umgebenden Nutzerumgebung gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung zu kompensieren;

[0026] [Fig. 8B](#) bis [Fig. 8C](#) sind Diagramme von exemplarischen Wärmetransferkompensationssystemen, die in Verbindung mit dem Sensorsystem von [Fig. 8A](#) verwendet werden können, um in einem Überwachungssystem gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung die Quellen von Wärmetransfer zwischen einem Sensor und der den Sensor umgebenden Nutzerumgebung, einschließlich des Sensoreinbaus und des Wärmetransfers innerhalb des Sensors, zu kompensieren;

[0027] [Fig. 9A](#) ist ein Blockdiagramm, das ein exemplarisches Wärmetransfermodell zum Gewinnen einer Wärmetransferfunktion und eines Wärmetransfereintrags mit Bezug auf den auf die Nutzerumgebung und -anwendung angewandten Sensor, in

Kombination mit sensorspezifischer Information, als Funktion der übertragenen Wärme in dem System der [Fig. 8](#) gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung zeigt;

[0028] [Fig. 9B](#) ist Blockdiagramm eines exemplarischen Systems zum Bestimmen des thermischen Kontaktwiderstandes GC zwischen der äußeren Abschirmung des Sensors und einer Zielwärmequelle unter Verwendung diverser Nutzereingabeparameter in dem Wärmetransfermodell des Systems von [Fig. 8](#) gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung;

[0029] [Fig. 10](#) ist ein Diagramm, das ein exemplarisches Doppelthermoelement-Wärmetransfermodelliersystem zur Verarbeitung von nutzer- und sensorspezifischen Eingaben und Wärmeprofilinformation zu als Wärmetransfereintrag in einer Speichervorrichtung gespeicherten Wärmetransferparametern eines Sensors gemäß einiger Ausgestaltungen der Erfindung zeigt;

[0030] [Fig. 11](#) ist ein vereinfachtes Diagramm, das ein exemplarisches Temperaturmess- und ein Wärmetransferkompensationssystem zum Messen und Kompensieren der Ausgabe eines Doppelthermoelementsensorsystems mit einem Doppelthermoelement und zugeordnetem Wärmetransfereintrag gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung zeigt;

[0031] [Fig. 12A](#) bis [Fig. 12C](#) sind Diagramme mehrerer exemplarischer Doppelthermoelementsensoren-systeme, die diverse Wärmetransfereinträge zum Speichern von mit dem Wärmetransfer eines Temperaturüberwachungssystems verknüpften Parametern gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung zeigen;

[0032] [Fig. 13](#) ist ein Flussdiagramm, das ein von einem System zur Kompensation des Wärmetransfers in einem Sensormesssystem gemäß diverser Aspekte der Erfindung ausgeführtes Verfahren zeigt; und

[0033] [Fig. 14](#) ist eine Computer-Fenstersequenz eines exemplarischen Nutzereingabe-Computerprogramms, um vom Nutzer Informationen über den spezifischen Sensor und Umgebungsbedingungen in der Sensoranwendung des Nutzers abzufragen, um die Wärmetransfercharakteristiken in einem Temperaturmesssystem gemäß einem Aspekt der Erfindung zu bestimmen.

[0034] Entsprechende Bezugszeichen bezeichnen entsprechende Teile in den diversen Darstellungen der Zeichnungen.

#### Detaillierte Beschreibung

[0035] Die folgende Beschreibung ist von rein exemplarischer Art und soll die Erfindung, ihrer An-

wendung oder ihren Nutzungen in keiner Weise einschränken.

**[0036]** Eine oder mehrere Ausgestaltungen der Erfindung betreffen ein thermisches Kompensationsystem zum Kompensieren des Wärmetransfers in einem Mess- oder Kontrollsystem einer thermischen Vorrichtung. Das Kompensationsystem verwendet vorgegebene und gespeicherte, mit der thermischen Vorrichtung verknüpfte Parameter, um den Wärmetransfer innerhalb des Messsystems, der sich im Ausgangssignal des Sensors widerspiegelt, zu kompensieren. Die Wärmetransferfunktion kann dann analysiert werden, um Parameter zu bestimmen, die durch der thermischen Vorrichtung beigegebene Wärmetransfereinträge referenziert oder direkt gespeichert werden können. Die gespeicherten Parameter werden von dem Mess- oder Kontrollsystem gelesen und verwendet, um die Wärmetransferfunktion des Wärmemesssystems zu rekonstruieren. Die Wärmetransferfunktion wird dann verwendet, um das Signal der thermischen Vorrichtung basierend auf der Wärmetransferfunktion zu kompensieren und so Wärmetransferwege in einer thermischen Vorrichtung zu kompensieren und gleichzeitig Schwankungen aufgrund von Wärmetransfer innerhalb und um die thermische Vorrichtung zu verringern und dadurch statische und dynamische Systemfehler zu minimieren.

**[0037]** Wie weiter oben angesprochen, gibt es viele thermische Fehler, die mit der Anwendung von thermischen Vorrichtungen wie etwa Doppelthermoelementen oder anderen Temperatursensoren in einer Nutzeranwendung zusammenhängen. Es gibt Fehler, die für die jeweilige thermische Vorrichtung spezifisch sind, und Anwendungsfehler, die mit der Art und Weise zusammenhängen, wie die thermische Vorrichtung in der Nutzeranwendung verwendet wird, darunter Fehler, die sich auf den Einbau der thermischen Vorrichtung in der Nutzeranwendung im „Feld“ beziehen (Einbaufehler). Diese thermischen Fehler können zu signifikanten Fehlern im Signal eines Temperaturmesssystems in der Nutzeranwendung führen. Wenn z. B. die Einbautiefe eines Sensors gering ist und der Sensor nur einen Punktkontakt herstellt und nur einen geringen Kontaktdruck, eine lose Passung oder eine schlecht angepasste Kontaktflächenform hat, oder wenn ein Temperaturgradient an der Spitze des Sensors existiert, tritt ein Wärmefluss „Q“ auf, der das Sensorsignal signifikant beeinflusst. In dieser und ähnlichen Situationen kann dieser Fehler der größte Fehler in einem thermischen System sein. In anderen Situationen kann der Fehler relativ klein sein, aber die Variabilität des Prozesses immer noch signifikant beeinträchtigen.

**[0038]** Im Allgemeinen beziehen sich diese thermischen Fehler in thermischen Systemen auf die thermischen Wärmetransfereigenschaften zwischen dem Sensorelement und der die thermische Vorrichtung

umgebenden Umgebung, die typischerweise eine Abschirmung zum Schützen eines Sensorelements umfasst. Z. B. hat ein abgeschirmter Sensor, der einen thermischen Prozess misst, einen Wärmefluss zwischen dem Prozess und dem Sensorelement, der als eine Schaltung von Wärmeleitern modelliert werden kann. Die Schaltung von Wärmeleitern kann entsprechen: einem Grenzschichtleiter vom Prozess zur Sensorabschirmung, einem leitfähigen Element von der Abschirmung zum Sensorelement und weiteren leitfähigen Elementen entlang der Abschirmung zum kalten Ende des Sensors. Jeder der durch eines der erwähnten leitfähigen Elemente bezeichnete Wärmeflussweg liefert eine potentielle Quelle von thermischen Fehlern in dem thermischen Messsystem, sofern nicht jeder durch das Messsystem angemessen kompensiert wird.

**[0039]** In einem intelligenten Temperaturmesssystem ist es wünschenswert, soviel Information wie möglich zu entwickeln und zu übertragen und dadurch im System Wissen zu erzeugen. Ein Weg dies zu tun, ist, Parameter zu identifizieren, die die thermische Vorrichtung oder ein Messsystem beschreiben und die Information (vorzugsweise zusammen mit der thermischen Vorrichtung) als Parameter an das Messsystem zu kommunizieren, um die thermische Vorrichtung „intelligent“ zu machen. Dieses System kann dann diese Parameterinformation verwenden, um wissensbasierte Algorithmen zu erzeugen. Als Beispiel werden diverse Wärmetransferfunktionen und thermische Modelle eines Sensors in einem Prozess vorgestellt.

**[0040]** Die obigen Beispiele zeigen, dass Messfehler das Ergebnis von Wärmefluss in einem thermischen System sein können. Durch die Verwendung eines thermischen Modells können einige dieser Fehler berechnet und korrigiert werden. Ein thermisches Modell erfordert, dass die diskutierten thermischen Parameter bekannt sind. Z. B. werden in einem Knotengitter die diversen thermischen Leiter bestimmt, um ein Verfahren zum Bestimmen der Temperatur der diversen Knoten basierend auf einem Energiegleichgewicht über allen Knoten zu schaffen. In einem Temperaturmesssystem müsste der Wärmeweg vom Prozess zum Sensorelement sowie jeglicher Nebenschluss-Wärmetransfer vom Prozess zur äußeren Umgebung, der auf die Gegenwart des Sensors zurückgeht, ebenfalls als Wärmeleiter modelliert werden. Glücklicherweise kann die Stärke der Wärmeleiter für einen bestimmten Sensor oder eine Familie von Sensoren (z. B. thermische Sensoren) im Voraus bestimmt und im Wesentlichen genauso wie Eichdaten als charakteristische Parameter des Sensors bereitgestellt (z. B. beim Sensor gespeichert) werden. Die durch die thermische Modellierung bereitgestellte zusätzlich vorgegebene thermische Information macht den Sensor zu einem intelligenten Sensor

für die Korrektur von Fehlern bei der Messung in einem intelligenten Messsystem.

**[0041]** Ein Wärmetransferkompensationssystem kann dann realisiert werden, indem von einem Nutzer einer thermischen Vorrichtung für die Anwendung der thermischen Vorrichtung und die Umgebung spezifische thermische Information gesammelt wird, die mit für die thermische Vorrichtung spezifischer thermischer Information, z. B. vom Hersteller der thermischen Vorrichtung, kombiniert wird. Z. B. könnte bei einem Temperatursensor die spezifizierte thermische Information Sensorpositionierungsdaten einschließlich eines Einbauverfahrens oder -systems, eine Einbauposition relativ zu einer Wärmequelle oder einer zu messenden Anwendung wie etwa einem Heizgerät, eine Sensoreinbautiefe, Umgebungstemperatur, Sensorkontaktdruck, die Gestalt des Zieleinbaus relativ zur Sondenspitze des ausgewählten Sensors und die erwartete Betriebstemperatur sein. Das Wärmetransfermodell würde dann analysiert, um eine Wärmetransferfunktion der Änderung des Ausgabesignals als Funktion der thermischen Umgebung rings um die thermische Vorrichtung und der Nutzeranwendung für die thermische Vorrichtung anzugeben, die einen Einbau oder ein Verfahren zur Positionierung der thermischen Vorrichtung in einem mechanischen oder chemischen Herstellungssystem des Nutzers umfassen kann.

**[0042]** Die Wärmetransferfunktion kann auf unterschiedliche Weise gespeichert oder aufgezeichnet sein, z. B. als eine Tabelle von empirischen Daten des Ausgabesignals in Abhängigkeit von der erfassten Temperatur, eine mathematische Funktion des Wärmetransfers als Funktion der Temperatur oder andere Parameter wie etwa angepasste Datenkoeffizienten der mathematischen Wärmetransferfunktion. Allerdings umfassen Ausgestaltungen der thermischen Vorrichtung in dem erfindungsgemäßen thermischen System Parameter, die sich auf die Wärmetransfereigenschaften beispielsweise eines Sensors mit spezifizierter Teilenummer des Herstellers beziehen. Diese Parameter ermöglichen zusammen mit Informationen für eine gegebene Nutzeranwendung die Verwendung der Information in der Anwendung zum Kompensieren von Temperaturmessfehlern aufgrund von Wärmetransfer in dem Sensorsystem unter Verwendung von Wärmetransfermodellierung.

**[0043]** Im Gegensatz zu einem herkömmlichen System umfassen eine oder mehrere Ausgestaltungen der hier beschriebenen Erfindung die Bereitstellung von mit einer thermischen Vorrichtung verknüpften Parametern der Wärmetransfermodellierung zum Korrigieren oder Kompensieren von thermischen Fehlern in thermischen Vorrichtungen aufgrund von Wärmetransfer zwischen der thermischen Vorrichtung und ihrer Umgebung in und um die thermische Vorrichtung. So können manche Ausgestaltungen

der Erfindung ein oder mehrere Mittel zum Speichern und Kommunizieren vorgegebener Informationen an ein thermisches Modell umfassen, das verwendet wird, um die diversen Wärmetransferwege zwischen der thermischen Vorrichtung und der Abschirmung, der Halterung der thermischen Vorrichtung, der Umgebung der thermischen Vorrichtung und der Anwendung selbst zu modellieren.

**[0044]** Bei einer Ausgestaltung umfasst das System eine thermische Vorrichtung wie etwa eine Heizvorrichtung oder eine Erfassungsvorrichtung. Z. B. kann ein thermisches Sensorsystem ein Doppelthermoelement, einen Widerstandstemperaturdetektor, einen Thermistor, eine Diode oder einen Transistor enthalten, der sich in einer Sensorumgebung befindet und in einer Nutzeranwendung eingesetzt wird. Die thermische Vorrichtung oder das thermische System kann außerdem der thermischen Vorrichtung zugeordnete Wärmetransfereinträge zum Speichern oder Referenzieren eines Satzes von Wärmetransferparametern des Wärmetransfers zwischen dem Sensor und der Nutzerumgebung in der Nutzeranwendung umfassen.

**[0045]** Das Kompensationssystem kann in einer Wärmetransferkompensationsvorrichtung oder einem Wärmetransferkompensationsinstrument (z. B. einem computerisierten Messinstrument für Temperatur, Druck, Fluss oder chemische Eigenschaften) verwendet werden. Eine solche Kompensationsvorrichtung kann funktionsmäßig verbunden sein mit einer thermischen Vorrichtung oder einem thermischen System und betreibbar sein, um die von dem Wärmetransfereintrag gespeicherten Parameter zu nutzen. Wärmetransfereinträge können in einem beliebigen Typ von geeignetem Medium gespeichert sein, darunter ein EPROM, ein EEPROM, ein Barcode, ein RFID-Etikett, ein virtueller Speicherplatz in einem Netzwerk, eine Speichervorrichtung, ein computerlesbares Medium, eine Computerfestplatte und eine Speichervorrichtung, die betreibbar ist, um Information über den auf das Sensorsystem bezogenen Wärmetransfer zu kommunizieren. Nach dem Auslesen der gespeicherten Einträge rekonstruiert die Kompensationsvorrichtung die Wärmetransferfunktion, die dann verwendet werden kann, um die Temperaturmessfehler zu kompensieren, die sich in der Ausgabe des Systems aufgrund der diversen Wärmetransferwege des thermischen Vorrichtungssystems widerspiegeln.

**[0046]** Optional wird die Wärmetransfermodellierung gemäß einem Aspekt der Erfindung anhand von thermischer Information durchgeführt, die aus einer einen spezifischen thermischen Sensor umgebenden Umgebung eingegeben wird. Die thermische Information kann in einem elektrisch löschbaren programmierbaren Nut-lesespeicher-(EEPROM)-Chip gespeichert sein, der integraler Bestandteil des Sensors des Nut-

zers ist. Einer exemplarischen Anwendung zufolge ist der Temperatursensor mit einem elektronischen Instrument verbunden, das in der Lage ist, die gespeicherte Information aus dem EEPROM auszulesen und die ausgelesenen thermischen Parameter zu verwenden, um die Wärmetransferfunktion zur Berechnung eines Korrekturwerts als Funktion der angezeigten Temperatur zu berechnen. Dieser berechnete Korrekturwert wird dann verwendet, um die angezeigte Temperatur im Bezug auf in dem Messsystem modellierte Wärmetransferfehler zu kompensieren oder zu korrigieren.

**[0047]** Um ein oder mehrere Merkmale von Ausgestaltungen und Implementierungen der Erfindung zu würdigen, werden im Folgenden diverse exemplarische Implementierungen der Wärmetransferkompensationssysteme, der thermischen Vorrichtung und von Sensorsystemen, eines Messsystems und eines Wärmetransfermodells dargestellt und mit Bezug auf die beigefügten Figuren beschrieben. Obwohl in den Beispielen und Figuren Ausgestaltungen und Implementierungen unter Verwendung von Doppelthermoelementen gezeigt und beschrieben werden, sind im Kontext von Ausgestaltungen der Erfindung diverse andere thermische Vorrichtungen wie etwa Heizelemente und Wandler zur Temperaturmessung wie etwa Widerstandstemperaturdetektoren (RTDs) und Thermistoren vorgesehen, bei denen der Wärmetransferfehler anhand des Sensorausgangssignals kompensiert werden kann.

**[0048]** **Fig. 1** zeigt eine herkömmliche Doppelthermoelementvorrichtung **100**, wie sie von einem Thermoelementhersteller bereitgestellt und in einem Temperaturüberwachungssystem eingesetzt werden kann. **Fig. 2** zeigt ein begleitendes Schaltsymbol **200** des Sensors oder der Doppelthermoelementvorrichtung **100** aus **Fig. 1**. Die meisten gebräuchlichen Doppelthermoelemente sind Temperaturmessvorrichtungen oder Sensoren, die zwei miteinander an einem als heißer Übergang bezeichneten Ende verbundene ungleiche Metalle umfassen. Die beiden Metalle haben eine Polarität im Bezug aufeinander, und eines von ihnen wird als positiver Schenkel und das andere als negativer Schenkel bezeichnet. Die als kaltes Ende bezeichneten zwei freien Enden liefern eine Spannung (EMF) proportional zur Temperaturdifferenz zwischen dem heißen Ende und dem kalten Ende.

**[0049]** Wiederum bezogen auf **Fig. 1** hat das herkömmliche Doppelthermoelement typischerweise eine Edelstahlabschirmung **110** zum Schutz des heißen Übergangs, der darin (z. B. mit einem Keramik- oder Epoxi-Vergussmaterial) vergossen sein kann, und einen Thermoelementübergang **120** (z. B. Edelstahl) zum Schutz des Übergangs zu einem Stück hochtemperaturisolierten Leitungsdrahts **130**. Der Leitungsdraht **130** kann auch ein Stück

Schrumpfschlauchummantelung **135** und ein Etikett **140** tragen, bevor er mit einem Miniatursteckkontakt **145** abschließt.

**[0050]** **Fig. 3** zeigt ein Sensorsystem **300** und einen zugehörigen Graphen **330**, der die Wirkung eines steilen Temperaturgradienten auf zwei exemplarische ähnliche Wärmesensoren und die thermischen Fehler zeigt, die bei einer Temperaturmessung auftreten können. Wie diskutiert, kann der Grad des Eintauchens eines Sensors in die Prozessumgebung den Wärmegradienten über der Sensorelementfläche des Sensors und den Fehler der angezeigten Temperatur stark beeinflussen. Das System **300** weist einen exemplarischen Sensor A **310** mit einem einzigen Punktkontakt **315** zu einer Oberfläche **318** einer Wärmequelle T **320** auf, die in einer Ausgestaltung eine Heizplatte sein kann. In dem Beispiel befindet sich die Oberfläche **318** der Wärmequelle T **320** bei einer Temperatur von 500°F in einen Raum, in dem die Raumlufttemperatur 70°F beträgt, wie in Graph **330** dargestellt. Der Graph **330** stellt die Temperatur in Abhängigkeit vom Abstand von der Wärmequelle T **320** dar. In geringem Abstand von der Oberfläche **318**, die eine Temperatur von 500°F hat, geht die Temperatur der Umgebungsluft schnell auf nahezu Umgebungstemperatur zurück, wie durch den Temperaturgraphen **330** dargestellt.

**[0051]** Ein anderer exemplarischer Sensor B **340** befindet sich in einem kurzen Abstand „s“ **350** von der Oberfläche **318** der Wärmequelle T **320**. Da der Sensor A **310** nur Punktkontakt **315** zur Wärmequelle T **320** hat und ein steiler Temperaturgradient nahe der Oberfläche **318** der Wärmequelle T **320** existiert, kann der Sensor A **310** einen Teil der Messwärme an die Umgebungsluft verlieren und z. B. nur 450°F von den 500°F Oberflächentemperatur anzeigen. Der Sensor A **310** kann also unter diesen Bedingungen ca. 10% der tatsächlichen Temperatur der Zielwärmequelle T **320** verlieren. Der Fehler zwischen der tatsächlichen Temperatur und der gemessenen Temperatur an der Spitze eines Sensors kann ein gewisses Maß für die „Spitzenempfindlichkeit“ des Sensors darstellen. Der Sensor B **340** im Abstand „s“ **350** von der Wärmequelle T **320** erfasst an seiner Spitze die Lufttemperatur von ca. 90°F, kann aber auch ca. 10% dieser Temperatur an die umgebende Raumluft verlieren, was zu einem Messergebnis deutlich unter 90°F führt.

**[0052]** Ein Sensor, der zwischen den Positionen des Sensors A **310** und des Sensors B **340** platziert ist, kann einen leichten oder sehr schlechten Kontakt zur Wärmequelle T **320** aufweisen. Obwohl der Sensor A **310** in die Prozessmessung der Oberfläche **318** schlecht eingetaucht ist, ist der Sensor B **340** in einem Abstand von der Oberfläche **318** angeordnet und daher noch weniger eingetaucht oder ausgerüstet, um die Temperatur der Oberfläche **318** zu mes-

sen. Zusätzlich würde eine an der Oberfläche **318** der Wärmequelle **T 320** platzierte Messsonde wie ein Flügel eines Kühlkörpers wirken und dadurch die Wärmequelle **T 320** lokal kühlen und noch weiter zum Messfehler beitragen.

[0053] **Fig. 4** zeigt ein Sensorsystem **400** mit einem Sensor **410**, der einen Linienkontakt **415** mit einer Oberfläche **418** einer Wärmequelle **T 420** bildet. Der Sensor **410** hat einen Durchmesser „ $d$ “ **430** und kontaktiert die Oberfläche **418** der Wärmequelle **T 420** auf einer Länge von  $10$  Durchmessern „ $10 d$ “ **440** der Sensorsonde **410**. In dieser Einbaukonfiguration des Sensors **410** kann der Sensor **410** eine Verbesserung der Temperaturmessgenauigkeit gegenüber dem Sensor **A 310** von **Fig. 3** bieten und einen Temperaturfehler von z. B. ca.  $1\text{--}2\%$  der tatsächlichen Temperatur beim Messen der Wärmequelle **T 420** liefern. So können auch in einer stärker idealisierten Einbausituation immer noch Messfehler als Ergebnis des Wärmeflusses in einem System wahrgenommen werden. Dieser Wärmefluss kann durch die Einbaukonfiguration, die Nutzerumgebung, die Nutzeranwendung oder den für die Anwendung ausgewählten spezifischen Sensor bedingt sein.

[0054] In **Fig. 5A**, **Fig. 5B**, **Fig. 6A**, **Fig. 6B**, **Fig. 7A** und **Fig. 7B** werden diverse thermische Modelle in Anwendungen von thermischen Vorrichtungen dargestellt, bei denen die thermische Vorrichtung ein Sensor ist, der konvektive, konduktive und radiative Wärmeübertragung als vorherrschende Arten des Wärmetransfers für die Anwendung erfasst.

[0055] **Fig. 5A** zeigt einen Temperatursensor, der eingetaucht ist in einen thermischen Prozess einer Nutzeranwendung **500** mit vorherrschend konvektivem Wärmetransfer. **Fig. 5B** zeigt ein konvektives Wärmeleitfähigkeitsmodell **510** eines Sensors **520** in einer Nutzeranwendung **500** mit vorherrschend konvektivem Wärmetransfer, wie in **Fig. 5A**. Das exemplarische konvektive Wärmeleitfähigkeitsmodell **510** kann modelliert und dargestellt werden als eine Reihe von thermischen Knoten, die durch Leiter verbunden sind.

[0056] Bei der konvektiven Nutzeranwendung **500** der **Fig. 5A** und dem konvektivem Wärmeleitfähigkeitsmodell **510** der **Fig. 5B** hat der exemplarische Doppelthermoelementsensoren **520** ein Messelement **530**, das durch eine Abschirmung **540** überdeckt und geschützt ist. Der Sensor **520** ist gehalten oder positioniert durch eine Halterung **550** zum Eintauchen in einen freien Prozessstrom **555**. Der Sensor **520** umfasst ein kaltes Ende **562**, das nicht in den freien Prozessstrom **555** eingetaucht ist und sich bei Umgebungstemperatur befindet.

[0057] In dem konvektiven Leitfähigkeitsmodell **510** gibt es vier Knoten mit zugeordneten identifizierten

Temperaturen.  $T_a$  **560** ist eine Umgebungstemperatur am kalten Ende **562** des Sensors **520**,  $T_M$  **570** ist eine Temperatur am Messelement **530**,  $T_{sb}$  **580** ist eine Temperatur der Sensorabschirmung **540** an einer Prozessgrenze, und  $T_e$  **590** ist eine Prozesstemperatur des freien Prozessstroms **555**. Diese thermischen Knoten (z. B. **560**, **570**, **580** und **590**) sind durch Wärmetransferleiter verbunden. Diese Leiter umfassen einen Wärmeleiter  $G_{s2}$  **585** vom freien Prozessstrom **555** zur Abschirmung **540**, einen Wärmeleiter  $G_{s1}$  **575** von der Abschirmung **540** zum Messelement **530** und einen Wärmeleiter  $G_a$  **565** vom Messelement **530** zum kalten Ende **562** des Sensors **520**.

[0058] **Fig. 6A** zeigt einen Temperatursensor in einer Nutzeranwendung **600** mit vorherrschend konduktivem Wärmetransfer. Ein solches System ist typisch für Kontaktsensoren, bei denen eine Sensorabschirmung mechanisch an einer festen Oberfläche gehalten ist. In **Fig. 6A** ist die runde Spitze eines Sensors in Kontakt mit einer abtragend bearbeiteten Aufnahme wie etwa einem Bohrloch im Zielkörper (Wärmequellenkörper), der sich auf einer Temperatur  $T_p$  **690** befindet. **Fig. 6B** zeigt ein konduktives Wärmeleitfähigkeitsmodell **610** des Sensors in der Nutzeranwendung **600** mit vorherrschend konduktivem Wärmetransfer der **Fig. 6A**.

[0059] In der konduktiven Nutzeranwendung **600** der **Fig. 6A** und dem konduktiven Wärmeleitfähigkeitsmodell **610** der **Fig. 6B** hat ein exemplarischer Doppelthermoelementsensoren **620** ein Messelement **630**, das von einer Abschirmung **640** überdeckt und geschützt ist. Eine Spitze **675** des Sensors **620** ist gegen eine abtragend bearbeitete Aufnahme **655** in einem Zielkörper **650** mit einer Eintauchtiefe  $l_p$  **692** mit einer radialen Kontaktfläche **652** und einem Linienkontakt (Ring) **654** an einer Oberfläche des Sensors **620** gehalten. In dem konduktiven Leitfähigkeitsmodell **610** umfassen thermische Knoten:  $T_a$  **560** eine Umgebungstemperatur an einem kalten Ende **632** des Sensors **620**,  $T_M$  **570** eine Temperatur am Messelement **630**,  $T_{sb}$  **580** eine Temperatur der Sensorabschirmung **640** an der Prozessgrenze und  $T_p$  **690** eine Prozesstemperatur des Zielfestkörpers **650**. Diese thermischen Knoten (z. B. **560**, **570**, **580** und **690**) sind durch Wärmetransferleiter, einen thermischen Kontaktwiderstand  $G_c$  **685** zwischen der äußeren Abschirmung **640** des Sensors **620** und dem Zielfestkörper **650** des Prozesses,  $G_{s1}$  **575** von der Abschirmung **640** zum Temperaturmesselement **630** und  $G_a$  **565** vom Messelement **630** zum kalten Ende **632** des Sensors **620**, verbunden. Der thermische Kontaktwiderstand  $G_c$  **685** stellt eine Parallelkombination der Kontaktwiderstände des radialen Oberflächenkontakts **652** und des Linienkontakts **654** zwischen dem Sensor **620** und dem Zielfestkörper **650** dar.

[0060] Zwischen dem Zielfestkörper **650** und der Sensorabschirmung **640** wird Wärme über den Kontaktwiderstand  $G_c$  **685** übertragen. Die Wärme überträgt sich dann von der Sensorabschirmung **640** auf das Messelement **630** über den Wärmeleiter  $G_{s1}$  **575**, dann durch den Sensor **620** und die Abschirmung **640** zur Umgebung über  $G_a$  **565**. Zwar ist  $G_c$  **685** als ein einziger Leiter dargestellt, doch kann  $G_c$  **685** tatsächlich mehrere solche Leiter umfassen, darunter radiative und konvektive Leitungskomponenten, je nach Anwendung (wie in Verbindung mit [Fig. 7A](#) und [Fig. 7B](#) diskutiert wird). Ferner hängt  $G_c$  **685** ab von der Kontaktfläche, die der Sensor **620** mit dem Zielfestkörper **650** bildet, und einer zur Aufrechterhaltung des Kontakts aufgewandten Kraft.

[0061] Die Kontaktfläche basiert auf der Geometrie des Sensors **620** und der Geometrie der abtragend bearbeiteten Aufnahme **655** in dem Anwendungszielfestkörper **650**. Genauer gesagt basiert die Kontaktfläche auf der Ähnlichkeit oder Passung des Sensors **620** und der Anwendungsgeometrie. Bei vielen Nutzeranwendungen ist ein signifikanter Fehler mit einer Eintauchtiefe in die Anwendung und der Spitzenempfindlichkeit des Sensors **620** verbunden. Wenn z. B. eine Eintauchtiefe  $I_p$  **692** klein im Verhältnis zu einem Sensordurchmesser **694** ist, können verstärkte thermische Fehler resultieren. Dieser Effekt wird als thermischer Nebenschluss (thermal shunting) bezeichnet. Zwar kann durch Kompensation unter Verwendung der Charakterisierung der Vorrichtungsgometrie und der Spitzenempfindlichkeit viel vom thermischen Nebenschlussfehler beseitigt werden, doch beseitigt oder minimiert eine Charakterisierung der Anwendungsgeometrie und des Anwendungstemperaturprofils gemäß Ausgestaltungen der Erfindung diese Fehler.

[0062] [Fig. 7A](#) zeigt einen Temperatursensor in einer überwiegend konvektiven Wärmetransfer-Nutzeranwendung **700**, die auch eine radiative Wärmetransferkomponente hat, z. B. eine konvektiv/radiative Anwendung. [Fig. 7B](#) zeigt ein konvektiv/radiatives Wärmeleitfähigkeitsmodell **710** des Sensors in der konvektiven und radiativen Wärmetransfer-Nutzeranwendung **700** aus [Fig. 7A](#). Z. B. kann eine Anwendung einen durch Widerstandsheizelemente beheizten Brennofen verwenden und Zwangsventilation einsetzen, um die Wärme auf die Ofenlast zu übertragen. Bei diesem Typ von Nutzeranwendung strahlen die Heizelemente Wärme, wie durch den Wärmetransferquotienten  $Q$  definiert, an den Sensor ab, basierend auf den Gleichungen:

$$Q \text{ ist eine Funktion von } F, A, \varepsilon \text{ und } (\Delta T)^4; \quad [1]$$

oder

$$Q = f(F, A, \varepsilon, \Delta T); \quad [2]$$

wobei  $F$  der Sichtfaktor,  $A$  die der Strahlungsquelle ausgesetzte Oberfläche des Sensors,  $\varepsilon$  die Emittivität und  $\Delta T$  das Differenzial zwischen der Quellentemperatur und der Abschirmungstemperatur ist. Während die Sensorgeometrie eine Eigenschaft der Vorrichtung ist, basieren Position und Abstand des Sensors relativ zum Heizelement und die freiliegende Fläche des Sensors auf Anwendungseigenschaften, die bei der Erzeugung eines verbesserten thermischen Modells vom Nutzer abgefragt werden können.

[0063] Bei der konvektiv/radiativen Nutzeranwendung **700** und dem konvektiv/radiativen thermischen Modell **710** umfasst ein exemplarischer Doppelthermoelementsensor **720** das Messelement **530**, das durch die Abschirmung **540** bedeckt und geschützt ist. Der Sensor **720** ist durch eine Halterung **550** gehalten, um in den freien Prozessstrom **555** einzutauchen, und einer Strahlungsquelle **757** ausgesetzt. In dem konvektiv/radiativen Wärmeleitfähigkeitsmodell **710** umfassen die thermischen Knoten:  $T_a$  **560** die Umgebungstemperatur am kalten Ende **562** des Sensors **720**,  $T_M$  **570** die Temperatur am Messelement **530**,  $T_{sb}$  **580** die Temperatur der Sensorabschirmung **540** an der Prozessgrenze,  $T_\infty$  **590** die Prozessstemperatur des konduktiven Prozesses (freier Strom) **555**, und  $T_s$  **795** eine Temperatur der Strahlungsquelle **757**. Diese thermischen Knoten (z. B. **560**, **570**, **580**, **590** und **795**) sind mit Wärmetransferleitern verbunden, einem Leiter  $G_{s2}$  **585** vom konvektiven Prozess **555** zur Abschirmung **540**, einem Leiter  $G_s$  **792** von der Strahlungsquelle **757** zur Abschirmung **540**, einem Leiter  $G_{s1}$  **575** von der Abschirmung **540** zum Temperaturmesselement **530** und einem Leiter  $G_a$  **565** vom Messelement **530** zum kalten Ende **562** des Sensors **720**.

[0064] [Fig. 8A](#) bis [Fig. 8C](#) zeigen Diagramme eines exemplarischen Sensorsystems **805** aus [Fig. 8A](#), das in exemplarischen Temperaturmessfehlerkompensationssystemen **806** und **807** der [Fig. 8B](#) bzw. [Fig. 8C](#) gemäß einigen Ausgestaltungen der Erfindung verwendet werden kann. Das Sensorsystem **805** liefert vorgegebene Informationen in Form von Wärmetransferparametern, die als Wärmetransfer-eintrag gespeichert sind und durch die exemplarischen Kompensationssysteme **806** und **807** genutzt werden können, um Messfehler aufgrund von Wärmetransfer in und um einen Sensor eines Temperaturüberwachungssystems zu kompensieren. Man beachte, dass die Kompensationssysteme **806** und **807** hier zum tieferen Verständnis des möglichen Kontexts und als exemplarisches Mess- und Kompensationssystem aufgenommen und beschrieben sind, in welchem das Sensorsystem gemäß Ausgestaltungen der Erfindung verwendet werden kann. Es ist absehbar, dass andere Systeme ebenfalls die Wärmetransferparameter zur Kompensation verwenden können, wie ggf. zum Steuern eines Heiz- und/oder Kühlsystems erforderlich.

**[0065]** Das Sensorsystem **805** von [Fig. 8A](#) umfasst einen Sensor **810** und dem Sensor **810** zugeordnete Wärmetransferindizes **815**. Das Sensorsystem **805** hat eine Sensorausgabe oder ein Signal **817** für Temperaturmessangaben, z. B. für ein thermisches Überwachungssystem. Ein Wärmetransfereintrag **815** umfasst Unterscheidungsmerkmale, gespeicherte Daten oder einen Verweis auf Daten in einer Speichervorrichtung, die in der Lage ist, einen Satz von sensorspezifischen Wärmetransferparametern **818** zu speichern, die mit dem Wärmetransfer zwischen dem Sensor **810** und einer den Sensor **810** umgebenden Nutzerumgebung **850** innerhalb der Nutzeranwendung verknüpft sind. Z. B. ist der Eintrag **815** verknüpft mit dem Sensor **810** oder einer Klasse von Sensoren **810**, wie später deutlicher wird. Wie angegeben, kann der Wärmetransfereintrag **815** ein Eintragspeichersystem oder eine Eintragspeichervorrichtung (nicht dargestellt) umfassen, die mit dem (nicht dargestellten) spezifischen, vom Nutzer ausgewählten Sensor verknüpft ist. Das Eintragspeichersystem kann z. B. ein EPROM, ein EEPROM, einen Barcode, ein RFID-Etikett, einen virtuellen Speicherort in einem Netzwerk, eine Speichervorrichtung, ein computerlesbares Medium, eine Festplatte und eine andere Speichervorrichtung umfassen, die betreibbar ist, um Information über den Sensor zu kommunizieren. Ein Bezug auf Wärmetransferparameterdaten kann einen Verweis auf einen Datenspeicher, einen Datenbankverweis, einen Netzwerkverweis, einen Sensor- oder Dateiverweis, eine Seriennummer, eine Modellnummer, eine Chargennummer oder eine Referenznummer umfassen.

**[0066]** Z. B. können in dem Eintrag **815** gespeicherte Sensor-Wärmetransferparameter **818** von dem Nutzer oder in einer thermischen Kompensationsvorrichtung oder einem thermischen Kompensationsinstrument eines Temperaturmesssystems (wie z. B. **806**, **807**) zusammen mit zusätzlichen Anwendungs- und Umgebungseingaben verwendet werden, um den Wärmetransfer zwischen dem Sensor **810** und der umgebenden Nutzerumgebung **850** zu modellieren. Der Hersteller des Sensors **810** kann einen Satz dieser Parameter unter Verwendung eines ähnlichen Modells einer funktionellen Beziehung der Wärmetransfercharakteristika des Sensors **810** bereitstellen. Diese mit dem Wärmetransfer verknüpften Parameter werden dann vom Sensorhersteller in dem Wärmetransfereintrag **815** gespeichert.

**[0067]** Eine Wärmetransfer-Funktionsbeziehung kann z. B. als eine Wärmetransferfunktion dargestellt sein, wie etwa

$$1/G = 1/G_a + 1/G_c + 1/G_{s1}; \quad [3]$$

und

$$Q^\circ = G \cdot \Delta T \quad [4]$$

wobei  $Q^\circ$  die Heizrate und  $G$  der äquivalente Reihenleiter ist. Auf diese Weise ist der Hersteller in der Lage, vorgegebene Wärmetransferinformation des Sensors **810** zu kommunizieren, die später dem Nutzer als Modelliereingaben über Sensor-Wärmetransferparameter **818** nützlich ist. Bei der exemplarischen Implementierung liefert der Sensorhersteller im Wesentlichen z. B. Leiterparameter  $G_a$  und  $G_{s1}$  des Modells, die zusammen mit vom Nutzer gelieferten zusätzlichen Anwendungs- und Umgebungseingaben die Voraussetzungen für eine weitere optionale Modellierung des  $G_c$ -Leiters liefern, wie oben diskutiert. Mit diesen Eingaben kann ein verbessertes Wärmetransfermodell für eine genauere Temperaturmessung in der speziellen Umgebung des Nutzers erhalten werden.

**[0068]** [Fig. 8B](#) bis [Fig. 8C](#) zeigen exemplarische Temperaturmessfehlerkompensationssysteme **806** bzw. **807**, die in Verbindung mit dem Sensorsystem **805** gemäß einigen Ausgestaltungen der Erfindung verwendet werden können. Die Systeme **806** und **807** können verwendet werden, um die Quellen von Wärmetransfer in und um den Sensor **810** und die Nutzerumgebung in einem Überwachungssystem zu kompensieren. Die Systeme **806** und **807** empfangen ein Sensortemperaturmesssignal **817** vom Sensor **810**, lesen ein Eintragsausgabesignal **820**, das von dem Wärmetransfereintrag **815** gespeicherte Sensorwärmetransferparameter **818** enthält und verwendet wird, um Temperaturmessfehler bzgl. der Wärmetransferquellen und des Sensors **810** zu kompensieren.

**[0069]** Z. B. zeigt [Fig. 8B](#) ein exemplarisches Temperaturmessfehlerkompensationssystem **806** zum Kompensieren des Wärmetransfers in einem Sensor eines Temperaturüberwachungssystems, das z. B. in einem auf einem Doppelthermoelement basierenden Temperaturmesssystem verwendet werden kann. Das System **806** umfasst ein Sensorsystem **805** mit dem Sensor **810**, der sich in einer Nutzerumgebung **850** einer Nutzeranwendung befindet, und den mit dem Sensor **810** verknüpften Wärmetransfereintrag **815**. Das System **806** umfasst ferner eine Wärmetransferkompensationsvorrichtung oder ein Wärmetransferkompensationsinstrument **822**, das mit dem Sensorsystem **805** funktionsmäßig verbunden sein kann, um ein Sensorsignal **817**, z. B. eine Messung der Temperatur, zu messen und Sensor-Wärmetransferparameter **818** zu lesen, die in dem Eintrag **815** gespeichert sind und von einem Sensoreintragsausgabesignal **820** bereitgestellt werden. Es versteht sich, dass das Sensorsystem **805** und das Wärmetransferkompensationsinstrument **822** in manchen Ausgestaltungen getrennte Komponenten sein können, wie in [Fig. 8B](#) gezeigt, und in anderen Ausgestaltungen zu einer einzigen physischen oder funktionsmäßigen Einheit kombiniert sein können. Z. B. können das Sensor-

system **805** und das Wärmetransferkompensationsinstrument **822** Komponenten eines Active Structure Panel (ASP) oder einer ähnlichen Anordnung oder Packung sein. Bei einer anderen Ausgestaltung wäre das Sensorsystem **805** konfiguriert, um mit einer Schnittstelle, einem Stecker oder einer Verbinderanordnung zum Wärmetransferkompensationsinstrument **822** kompatibel zu sein. Diese kann eine spezifische Schnittstelle sein oder einer bekannten Norm genügen, wie etwa den von einer Normungsorganisation wie dem IEEE definierten (z. B. IEEE P1451.4), sie kann anbieterspezifisch sein oder auf einem Kooperationsstandard wie etwa der National Instruments-Kooperation basieren.

**[0070]** Die Wärmetransferkompensationsvorrichtung **822** verwendet die Sensor-Wärmetransferparameter **818**, optional zusammen mit einer Nutzeranwendungs- und Umgebungseingabe **830**, um ein Wärmetransfermodell oder eine Wärmetransferfunktion zu konstruieren und das Sensorsignal **817** zu kompensieren. Bei einer bevorzugten optionalen Ausgestaltung kann die Nutzeranwendungs- und Umgebungseingabe **830** direkt von einem Nutzer der Wärmetransferkompensationsvorrichtung **822** eingegeben werden, wie in **Fig. 8B** gezeigt. Bei einer solchen Ausgestaltung können eine oder mehrere Nutzeranwendungs- und Umgebungseingaben **830** eingegeben und in einem Speicher (nicht dargestellt) der Wärmetransferkompensationsvorrichtung **822** zur Auswahl und zur Verwendung durch den Nutzer und die Wärmetransferkompensationsvorrichtung **822** gespeichert werden. Bei einer anderen bevorzugten optionalen Ausgestaltung kann die Nutzeranwendungs- und Umgebungseingabe **830** in einen Wärmetransfereintrag **815** eingegeben und gespeichert werden und an die Wärmetransferkompensationsvorrichtung **822** übertragen werden. Bei manchen Ausgestaltungen können ein Teil oder eine Teilmenge der Nutzeranwendungs- und Umgebungseingaben **830** in einem Wärmetransfereintrag **815** gespeichert werden, z. B. ein auf eine allgemeine Menge oder einen Typ von Nutzeranwendung oder Umgebung bezogener Teil. In einem solchen Fall kann ein anderer Teil der Nutzeranwendungs- und Umgebungseingaben **830** direkt in die Wärmetransferkompensationsvorrichtung **822** eingegeben werden, darunter allgemein anwendbare Daten oder anwendungsspezifische Daten, die die anderen Daten ergänzen und einen vollständigen Satz von Nutzeranwendungs- und Umgebungseingaben **830** zur Verwendung durch die Wärmetransferkompensationsvorrichtung **822** liefern können.

**[0071]** Nach Empfang der Sensor-Wärmetransferparameter und der optionalen Nutzeranwendungs- und Umgebungseingabe **830** liefert die Wärmetransferkompensationsvorrichtung **822** dann ein temperaturmessfehlerkompensiertes Signal **890** entsprechend dem Wärmetransferprofil des Sensors **810**

als Funktion der Temperatur basierend auf den Nutzeranwendungs- und Umgebungseingaben **830**. Das temperaturmessfehlerkompensierte Signal **890** kann andere Komponenten, Daten oder Information enthalten und eine Korrektur des thermischen Fehlers enthalten.

**[0072]** **Fig. 8C** zeigt z. B. ein exemplarisches Temperaturmessfehlerkompensationssystem **807** zum Kompensieren des Wärmetransfers im Sensor **810** eines Temperaturüberwachungssystems gemäß einigen Ausgestaltungen der Erfindung, die in diversen Sensormesssystemen verwendet werden können, darunter einem doppelthermoelement-basierten Temperaturmesssystem. Das System **807** der **Fig. 8C** umfasst das Sensorsystem **805** mit dem Sensor **810**, der sich in einer Nutzerumgebung **850** einer Nutzeranwendung befindet, und den mit dem Sensor **810** verknüpfte Wärmetransfereintrag **815**. Das System **807** umfasst ferner die Wärmetransferkompensationsvorrichtung **822**, die mit dem Sensorsystem **805**, das das Sensorsignal **817** (z. B. eine Messung der Temperatur) misst, funktionsmäßig verbunden ist und die von dem Wärmetransfereintrag **815** gespeicherten und von einem Sensoreintragsausgabesignal **820** bereitgestellten Sensor-Wärmetransferparameter **818** liest.

**[0073]** Die Wärmetransferkompensationsvorrichtung **822** der **Fig. 8C** verwendet Sensor-Wärmetransferparameter **818**, optional zusammen mit Nutzeranwendungs- und Umgebungseingaben **830**, um ein Wärmetransfermodell oder eine Wärmetransferfunktion zu konstruieren oder zu rekonstruieren und das Sensorsignal **817** des Sensors **810** zu kompensieren. Die Vorrichtung **822** liefert dann ein temperaturmessfehlerkompensiertes Signal **890** gemäß dem Wärmetransferprofil des Sensors **810** als Funktion der Temperatur basierend auf den Nutzeranwendungs- und Umgebungseingaben **830** und den vom Hersteller des Sensors **810** gelieferten sensorspezifischen Eingaben **915**.

**[0074]** Das Wärmetransferkompensationssystem **807** kann ferner ein Wärmetransfermodell **835** zum Charakterisieren und Modellieren des Wärmetransfers zwischen dem Sensorsystem **805** und der Nutzerumgebung **850** und der das Sensorsystem **805** umgebenden Anwendung eines Temperaturmesssystems umfassen. Optional ist das Wärmetransfermodell **835** betreibbar, um Nutzeranwendungs- und Umgebungseingaben **830** zu empfangen und basierend auf durch den Wärmetransfereintrag **815** gespeicherten Sensor-Wärmetransferparametern **818** eine Funktionsbeziehung oder eine Wärmetransferfunktion **840** zu erzeugen. Die Funktionsbeziehung **840** kann z. B. dargestellt sein als die oben angegebenen Wärmetransferfunktionen [3] und [4]. Dies ist allerdings nur ein exemplarisches Modell, diverse andere Modelle können verwendet werden und werden

als in den Rahmen von Ausgestaltungen der Erfindung fallend angesehen.

**[0075]** Das Ergebnis der Wärmetransfermodellierung der Eingabe in das Wärmetransfermodell **835** kann eine Wärmetransferfunktion **840** für den bestimmten Sensortyp als Funktion des Wärmetransfers (z. B. eine Funktion von Temperatur und Wärmetransfer für einen thermischen Sensor) liefern. Mit der Wärmetransferfunktion und dem vom Nutzer ausgewählten Sensor verknüpfte Wärmetransferparameter werden dann von der Kompensationsvorrichtung **822** verwendet, um die Fehler in dem Messsignal **817** zu kompensieren und das temperaturmessfehlerkompensierte Signal **890** zu liefern.

**[0076]** Auf diese Weise misst die Wärmetransferkompensationsvorrichtung **822**, die mit dem Sensorsystem **805** funktionsmäßig verbunden sein kann, das Sensorsignal **817** (z. B. eine Temperaturmessung) und liest eine Wärmetransferfunktion **840** repräsentierende Parameter **818**, die von dem Wärmetransfereintrag **815** gespeichert sind. Die Wärmetransferkompensationsvorrichtung **822** verwendet dann diverse thermische Parameter, um die Wärmetransferfunktion zu rekonstruieren und das Signal **817** des Sensors **810** zu kompensieren. Die Vorrichtung **822** liefert dann ein temperaturmessfehlerkompensiertes Signal **890** gemäß dem Wärmetransferprofil des Sensors **810** als Funktion der Temperatur basierend auf den Nutzeranwendungs- und Umgebungseingaben **830** und den vom Hersteller gelieferten sensorspezifischen Eingaben **915**.

**[0077]** Diverse Elemente der Temperaturmessfehlerkompensationssysteme **806** und **807** sind am besten an den Beispielen der folgenden Figuren zu würdigen. Es sollte auch beachtet werden, dass im Kontext der diversen Ausgestaltungen der Erfindung und in den folgenden Beispielen vorgesehen ist, wärmetransferbezogene Daten vom Benutzer abzufragen, anstatt solche Daten zu erzeugen. Die im Folgenden diskutierten Modelle helfen beim Bereitstellen der Parameter für die Kompensation anstatt bei der vollständigen thermischen Modellierung der thermischen Anwendung.

**[0078]** Z. B. ist **Fig. 9A** ein Blockdiagramm eines exemplarischen Wärmetransfermodells **900**, ähnlich dem Modell **835** der **Fig. 8**, gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung. Das Modell **900** der **Fig. 9A** kann verwendet werden, um im Falle eines thermischen Sensors eine Wärmetransferfunktion und einen Wärmetransfereintrag, die mit einem spezifischen Sensor verknüpft sind, als Funktion der Temperatur, der Nutzeranwendung und der einem Sensor umgebenden Umgebung zu erhalten. Das Modell **900** umfasst einen Wärmetransfermodellierer **905**, der betreibbar ist, um Umgebungs- und Anwendungseingaben **830** des Nutzers (zum Beispiel vom Benutzer gelieferte

Information aus einer programmierten Liste von Fragen oder Anforderungen) und sensorspezifische Eingaben **915** des Herstellers (zum Beispiel ein Wärmetransferprofil vom Hersteller eines spezifischen Sensors) zu empfangen und ein Wärmetransfermodell (zum Beispiel  $Q^\circ = G \cdot \Delta T$ ) **835** zu erzeugen, das funktionsmäßig an einen Wärmetransferanalysator **920** gekoppelt ist. Das Modell **900** kann auch empirische und/oder vorgegebene Daten enthalten.

**[0079]** Der Wärmetransferanalysator **920** kann zum Beispiel einen Algorithmus oder ein Makro **930** in einem Computerprogramm verwenden, um das zeitweilig in einem Speicher **925** gespeicherte Wärmetransfermodell **835** zu analysieren, um eine Wärmetransferfunktion **935** zu erzeugen. Der Analysator **920** kann ebenfalls empirische und/oder vorgegebene Daten verwenden. Die Wärmetransferfunktion **935** wird vom Analysator **920** ausgegeben, zum Beispiel als die Wärmetransferfunktion **935** selbst, als Wärmeleiterparameter **940** (zum Beispiel  $G_a$ ,  $G_{s1}$ ) der Wärmetransferfunktion **935**, als ein Satz von Wärmetransferparametern oder ein Verweis auf die Parameter **945**. Die Ausgabe des Analysators **920** wird dann als Wärmetransfereintrag **815** in einem Eintragspeichersystem oder einer -speichervorrichtung (nicht dargestellt) gespeichert, die dem ausgewählten spezifischen Sensor (nicht gezeigt) zugeordnet ist. Das Eintragspeichersystem kann ein EPROM, ein EEPROM, ein Barcode, ein RFID-Etikett, ein virtueller Speicherplatz in einem Netzwerk, eine Speichervorrichtung, ein computerlesbares Medium, eine Festplatte und eine andere derartige Speichervorrichtung umfassen, die betreibbar ist, um Information über den Sensor zu kommunizieren.

**[0080]** **Fig. 9B** zeigt ein exemplarisches System zum Bestimmen des thermischen Kontaktwiderstandes  $G_c$  **685** zwischen einer äußeren Abschirmung eines Sensors und einer Zielwärmequelle unter Verwendung diverser vom Benutzer in dem Wärmetransfermodell des Systems der **Fig. 8A**, **Fig. 8B** und **Fig. 8C** eingegebener Parameter gemäß einiger Ausgestaltungen der Erfindung.

**[0081]** Bei einer Ausgestaltung enthält das thermische Modell drei Parameter, um die Kompensation des Wärmetransfers in einem Messsystem zu liefern. Wie in Verbindung mit den thermischen Modellen der **Fig. 5** bis **Fig. 8** angegeben, können diese Parameter dargestellt sein durch die Reihen-Wärmetransferleiter:  $G_a$  **656**,  $G_c$  **685** und  $G_{s1}$  **575** bei der exemplarischen Wärmetransferfunktion aus Formel [9].

**[0082]** Unter diesen Parametern sind  $G_{s1}$  **575** und  $G_a$  **565** sowie die Geometrie des Sensors typischerweise zum Herstellungszeitpunkt als vorgegebene sensorspezifische Information bekannt und unabhängig von den Anwendungsbedingungen. Ferner kann  $G_c$  **685** berechnet werden, indem einem Sensorbenutzer

(zum Beispiel einem Kunden oder Anwendungsingenieur) für den Sensor spezifische Kompensationsdaten sowie andere unterstützende Information zusammen mit den Benutzereingaben zur Verfügung gestellt werden, um beim Definieren und Modellieren der Nutzeranwendung zu helfen. Mit diesen vom Benutzer gelieferten Eingaben kann eine anwendungsspezifische Kompensation der Sensorausgabe oder des Sensorsignals erreicht werden.

**[0083]** Zum Beispiel analysiert in [Fig. 9B](#) ein exemplarisches System **960** diverse Nutzeranwendungs- und Umgebungseingaben **830** beim Bestimmen von  $G_c$  **685** durch den Analysator **970**. Nutzereingaben **830** können sein: die Quelltemperatur ( $T_{\text{Quelle}}$ ), die Umgebungstemperatur ( $T_{\text{Umgebung}}$ ), die Geometrie eines Einbaulochs für den Sensor, die Lochtiefe, die Lochoberflächenbearbeitung, wie eng der Sensor passt, sowie alle Spezifika der Anwendung, die den Kontaktwiderstand zwischen dem Sensor und dem Wärmequellenteil beeinflussen. Wenn die Temperaturdifferenz ( $T_{\text{Quelle}} - T_{\text{Umgebung}}$ ) größer ist und wenn ein Sensoreinbauloch flach ist, ist die Sensorumgebung empfindlicher gegen einen thermischen Einbaufehler. Beim Sensor beeinflussen großer Durchmesser, Materialien mit niedrigem Widerstand (Materialien mit hoher Wärmeleitfähigkeit) sowie größere Materialquerschnitte den thermischen Einbaufehler. Außerdem beeinflussen auch die Platzierung des Sensorelements in Bezug auf die Sensorspitze und Kontaktwiderstände zwischen der Außenhülle der Sensorpackung und dem internen Sensorelement den thermischen Einbaufehler des Sensors und somit den für  $G_c$  **685** bestimmten Wert.

**[0084]** [Fig. 10](#) zeigt ein exemplarisches Doppelthermoelement-Wärmetransfermodelliersystem **1000** zum Verarbeiten von sensorspezifischen Eingaben und thermischer Profilinformaton zu Wärmetransferparametern eines Sensors gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung. Die Parameter können gemäß einigen Ausgestaltungen der Erfindung wie in [Fig. 8](#) bis [Fig. 9](#) beschrieben als Wärmetransfereintrag in einer Speichervorrichtung gespeichert sein. Optional unterstützt das System **1000** Anwendungs- und Umgebungseingaben von einem Benutzer des Sensors.

**[0085]** In dem exemplarischen Modelliersystem **1000** der [Fig. 10](#) ist ein spezifischer Sensortyp oder eine Familie von Sensoren mit ähnlichen thermischen Profileigenschaften gefertigt. Ein Sensor (zum Beispiel ein Doppelthermoelement) **1005** kann in einem Versuchsaufbau wie etwa einem thermischen Profilierer **1010** thermisch profiliert werden. Das Modelliersystem **1000** umfasst einen Computer **1012** oder einen anderen Analysator, der die mit dem Typ des Sensors **1005** verknüpften sensorspezifischen Eingaben **915** empfängt. Optional unterstützt das System **1000** den Empfang von Nutzeranwendungs- und Umgebungseingaben **830** von einem Sensorbenut-

zer zusammen mit den sensorspezifischen Eingaben **915**. Basierend auf einer Analyse der Nutzeranwendungs- und Umgebungseingaben **830**, der sensorspezifischen Eingaben **915** und einem thermischen Profil **1018** vom Profilierer **1010** erzeugt und speichert der Computer **1012** ein Wärmetransfermodell und eine Wärmetransferfunktion. [Fig. 14](#) wird später eine solche Nutzereingaben- oder Informationssammelmethodik unter Anwendung eines spezialisierten Computermodellierprogramms verdeutlichen. Alternativ kann das thermische Modell teilweise mit den vorgegebenen sensorspezifischen Eingaben **915** konstruiert und anschließend beim Anwendungseinbau von einem Benutzer durch Liefern der Anwendungs- und/oder Umgebungseingaben **830** vervollständigt werden.

**[0086]** Die vom Computer **1012** der [Fig. 10](#) erzeugte Wärmetransferfunktion kann weiter verarbeitet werden, um Wärmetransferparameter **940** oder einen Verweis auf Parameter **945** der Wärmetransferfunktion, einen Verweis auf einen externen Ort, wo die Parameter gespeichert sind, oder einen Ort, wo ein Teil der Wärmetransferfunktion gespeichert ist, zu erhalten. Die Wärmetransferparameter **940** oder der Verweis auf Parameter **945** werden dann von dem Wärmetransfereintrag **815** (zum Beispiel einen EEPROM, EPROM, Speichervorrichtung, Speicherplatz in einem Netzwerk, RFID-Etikett oder Barcode) zum Beispiel unter Verwendung eines EEPROM-Programmiergeräts oder -brenners **1035** programmiert oder in anderer Weise gespeichert.

**[0087]** In dem thermischen Profilierer **1010** kann z. B. ein Doppelthermoelementsensor **1005** auf einem Prüfstand **1040** zusammen mit einem bekannten Bezugsstandard wie etwa einem Bezugsdoppelthermoelement **1045** zum Lesen der wahren Temperatur in einer keramischen Isolationsmanschette **1050** innerhalb einer Wärmeprüfkammer **1055** montiert sein. Der Sensor **1005** und der Bezugssensor **1045** können über Stecker und Aufnahmen **1060** an eine Messvorrichtung **1065** (zum Beispiel DMM oder ADC) an den Computer **1012** gekoppelt sein. Der Computer **1012**, zusammen mit zum Beispiel einem Software-Makro oder einem spezialisierten Programm, sowie der Speicher des Computers werden verwendet, um das thermische Profil des Sensors **1005** in Bezug auf Temperatur und diverse mit der Wärmetransferfunktion des Wärmesensors **1005** verknüpfte Umgebungsmerkmale zu erzeugen und zu speichern. Die Wärmeprüfkammer **1055** kann auch eine Temperatursteuerung **1070** vom Computer **1012** zur exakten Regelung der Temperatur in der Wärmeprüfkammer **1055** bekommen. In anderen Ausgestaltungen kann ein Sensor in einer flach eintauchenden oder anderen Einbauanordnung profiliert werden, die eine Nutzeranwendung des Sensors repräsentiert.

**[0088]** Sobald die Wärmetransferinformation (zum Beispiel über Parameter oder eine mathematische Funktion) an den mit dem Sensor des Benutzers verknüpften Wärmetransfereintrag kommuniziert worden ist, kann die Information verwendet werden, um die Ausgabe einer Temperaturmessvorrichtung zu kompensieren.

**[0089]** Zum Beispiel zeigt [Fig. 11](#) ein exemplarisches Temperaturmessfehlerkompensationssystem **1100** zum Messen und Kompensieren des Signals eines Doppelthermoelement-Sensorsystems mit einem Doppelthermoelement und einem damit verknüpften Wärmetransfereintrag gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung. Ein Sensorsystem **1110** umfasst einen Doppelthermoelementsensor **810** und einen zugeordneten Wärmetransfereintrag **815** (zum Beispiel einen EEPROM-Speicher), die zusammen in einem Steckverbindergehäuse **1122** untergebracht sind. Sensor **810** und Eintrag **815** sind über spezifische Parameter verknüpft, die den Wärmetransfereigenschaften des Sensors **810** zugeordnet sind oder diese repräsentieren und durch den Eintrag **815** gespeichert sind. Mit diesen Parametern kann ein Benutzer mit einer bestimmten Umgebung in einer bestimmten Nutzeranwendung die Wärmeübertragung des Sensors **810** für die Anwendung in der Nutzerumgebung modellieren. Zum Beispiel liefert der Sensor **810** ein analoges Signal **817**, während das von dem Eintrag **815** wie etwa einem EEPROM-Speicher gelieferte Eintragsausgabesignal **820** Parameter **818** liefert. Beide werden an eine funktionsmäßig gekoppelte Doppelthermoelement-Wärmetransferkompensationsvorrichtung **822** geliefert. Das Sensorsignal **817** ist funktionsmäßig gekoppelt an einen Analog-Digital-Wandler ADC **1140** der Kompensationsvorrichtung **822**, um in ein digitales Signal umgewandelt zu werden, wohin gegen das Eintragsausgabesignal **820** des Eintrags **815** über einen digitalen Eingangsport **1145** in seriell oder parallel eingabeformat in die Kompensationsvorrichtung **822** eingegeben wird.

**[0090]** Bei einer exemplarischen Ausgestaltung kann ein Sensor mit Kaltübergangskompensation (Cold Junction Compensation, CJC) **1147**, der im Verbindergehäuse **1122** angeordnet sein kann, wie gezeigt in der Kompensationsvorrichtung **822** oder in einer anderen Vorrichtung oder als selbständige Komponente vorgesehen sein. Ein CJC-Sensorsignal **1120** des CJC-Sensors **1147** ist funktionsmäßig gekoppelt an eine Kaltübergangskompensationschaltung **1148**, und wird von dem ADC **1140** in einen digitalen Wert zur Übergabe an den Mikroprozessor **1150** zur Kaltübergangskompensation des Sensorsignals **1120** basierend auf der Temperaturmessung am kalten Übergang übergeben.

**[0091]** Die exemplarische Doppelthermoelement-Wärmetransferkompensationsvorrichtung **822** umfasst einen Mikroprozessor **1150**, der (zum Bei-

spiel beim Einschalten der Kompensationsvorrichtung **822**) die Parameter aus dem Eintrag **815** und Temperaturmesswerte einliest und sie in einem lokalen Speicher **1155** speichert. Der Mikroprozessor **1150** und der Speicher **1155**, die durch einen Taktgeber **1157** synchronisiert sind, analysieren die Temperaturmessungen in Bezug auf Temperatur und Wärmeübertragung, um das Sensorsignal **817** entsprechend den gespeicherten Wärmetransferparametern des Speichers **1155** zu kompensieren, um ein wärmetransferkompensiertes Signal **890** an eine Kommunikationsschnittstelle **1165** der Kompensationsvorrichtung **822** zu liefern.

**[0092]** Zum Beispiel kann der Sensorabschnitt des Sensors **810** in einem 1000°C-Ofen platziert sein, während das Verbindergehäuse **1122** sich im allgemeinen bei Umgebungstemperatur außerhalb des Ofens befindet und so den Eintrag **815** und die darin gespeicherten Wärmetransferparameter thermisch schützt.

**[0093]** Optional unterstützt das System **1100** den Empfang von Anwendungs- und Umgebungseingaben **830** und/oder einer Wärmetransferfunktion, die vom Benutzer bereit gestellt werden und im Kompensationssystem **822** empfangen werden, um den Benutzer beim Modellieren des Wärmetransfers vom Sensor **810** zur Benutzerumgebung zu unterstützen.

**[0094]** [Fig. 12A](#) bis [Fig. 12C](#) veranschaulichen diverse exemplarische Sensorsysteme (zum Beispiel Doppelthermoelementsensorsysteme), die diverse Typen von Wärmetransfereinträgen **815** zum Speichern von mit dem Wärmetransfer innerhalb eines Temperaturmesssystems gemäß einigen Ausgestaltungen der Erfindung zusammenhängenden Parametern verwenden. Zum Beispiel veranschaulicht [Fig. 12A](#) ein Sensorsystem **1200** mit einem exemplarischen EEPROM-Wärmetransfereintrag **1210**, das in ein Verbindergehäuse **1220** des Sensorsystems **1200** eingebettet sein kann. Im vorliegenden Beispiel kann ein Doppelthermoelement **1230** in dem Verbindergehäuse **1220** mit einem Satz von Doppelthermoelement-Verbinderstiften **1235a** und **1235b** funktionsmäßig verbunden sein, während das EEPROM **1210** beispielsweise zusätzliche EEPROM-Verbinderstifte **1237** für Energie und Kontrolle des Speicherzugriffs erfordern kann. Ein Vorteil dieses Typs von Wärmetransfereintrag ist die direkte Zugriffsmöglichkeit eines angeschlossenen Sensorüberwachungssystems auf den EEPROM-Wärmetransfereintrag **1210** für sofortigen Fernzugriff auf die dem Doppelthermoelement **1230** zugeordneten gespeicherten Parameter.

**[0095]** [Fig. 12B](#) veranschaulicht ein anderes Sensorsystem **1240** mit einem anderen exemplarischen Wärmetransfereintrag **815**, der ein Funkidentifikationsetikett (RFID-Etikett) **1250**, eingebettet im Ver-

bindergehäuse **1220**, umfasst. Wiederum speichert der RFID-Wärmetransfereintrag **1250** gemäß einigen Ausgestaltungen der Erfindung die Parameter, die mit dem Wärmetransfer in einem Temperaturmesssystem zusammenhängen. Ein Vorteil dieses Typs von Wärmetransfereintrag ist, dass keine zusätzlichen Verbinderstifte benötigt werden, dass die gespeicherten Parameter aus einer gewissen Entfernung vom Sensor und ohne direkten Kontakt zum Sensor ausgelesen werden können und dass sie möglicherweise von dem Sensorüberwachungssystem auf kurze Entfernungen für sofortigen Fernzugriff auf die gespeicherten Parameter gelesen werden können.

**[0096]** [Fig. 12C](#) veranschaulicht noch ein weiteres exemplarisches Sensorsystem **1260** mit einem exemplarischen Barcode-Wärmetransfereintrag **1270**, der zum Beispiel auf einem Etikett **1270a** am Verbindergehäuse **1220**, an einem Schrumpfetikett **1270b** oder als Teil eines anderen Etiketts wie etwa eines Identifikations- oder Seriennummernetiketts **1270c** angebracht ist. Wiederum speichert der Barcode-Wärmetransfereintrag **1270** gemäß einigen Ausgestaltungen der Erfindung die mit dem Wärmetransfer innerhalb eines Temperaturmesssystems zusammenhängenden Parameter. Ein Vorteil dieses Typs von Wärmetransfereintrag ist, dass keine zusätzlichen Verbinderstifte benötigt werden, dass es preiswert ist, und dass die gespeicherten Parameter mit einem herkömmlichen Barcodeleser abgetastet und zum Zugriff auf die gespeicherten Parameter ohne direkten Kontakt mit dem Sensor gelesen werden können. Natürlich können auch andere Typen von Barcodesystemen oder Datenmatrizen als Wärmetransfereintrag verwendet werden.

**[0097]** Eine andere Implementierung der Erfindung sieht ein System zum Kompensieren des Wärmetransfers in einem Temperaturmesssystem wie hier dargestellt und beschrieben, wie auch in anderen Typen von Sensormesssystemen vor, die Wärmetransferfehler aufweisen.

**[0098]** Einer Ausgestaltung zufolge korrigieren oder kompensieren Mittel in dem System thermische Fehlerquellen, die in Sensormesssystemen aufgrund von Wärmetransfer zwischen einer thermischen Vorrichtung wie etwa einem Sensor und der den Sensor in einer Nutzeranwendung umgebenden Umgebung auftreten können, und minimieren dadurch Schwankungen in der Ausgabe des Systems. Eine Implementierung der Erfindung passt sich ferner spezifischen Typen von thermischer Vorrichtung, Ferner kann das Verfahren **1300** nach manchen Ausgestaltungen der Erfindung sowohl in Verbindung mit den hier dargestellten und beschriebenen Kompensationssystemen, Steuersystemen, Elementen und Vorrichtungen als auch in Verbindung mit anderen, nicht dargestell-

ten Systemen, Elementen und Vorrichtungen implementiert werden.

**[0099]** Das exemplarische Wärmetransferkompensationsverfahren der [Fig. 13](#) beginnt mit Schritt **1305**. Zu Beginn, in Schritt **1310**, werden Systemparameter der thermischen Vorrichtung in Form vorgegebener, durch den Wärmetransfereintrag **815** der Wärmetransfereigenschaften der thermischen Vorrichtung **810** gespeicherter vorgegebener Information, zum Beispiel vom Hersteller der thermischen Vorrichtung **810**, in die thermische Kompensationsvorrichtung **822** eingegeben. In Schritt **1320** werden die Wärmetransferparameter (zum Beispiel das die Parameter **818** enthaltene Signal **820**) thermisch modelliert und analysiert, um eine Wärmetransferfunktion der Ausgabeänderung als Funktion der Temperatur für eine spezifiziertere thermische Vorrichtung **810** zu erhalten. Die Funktion oder die Parameter, die die Wärmetransferfunktion repräsentieren, können z. B. in einem lokalen Speicher **1155** der Wärmetransferkompensationsvorrichtung **822** gespeichert sein.

**[0100]** In Schritt **1330** wird das Temperatursensorsignal **817** gemessen. In Schritt **1340** wird das Sensorsignal **817** unter Verwendung der Wärmetransferfunktion basierend auf den Wärmetransfereigenschaften des Sensors kompensiert. Schließlich wird in Schritt **1350** ein kompensiertes Temperatursignal **890** erhalten, das eine Korrektur des thermischen Fehlers im Signal **817** des Sensors **810** enthält.

**[0101]** Anschließend endet das Wärmetransferkompensationsverfahren **1300** mit Schritt **1390**. Ein exemplarisches Verfahren gemäß der Erfindung modelliert also thermisch den Wärmetransfer von einem Sensor aus Parametern, die mit der Wärmetransferfunktion verknüpft sind, die in einem Wärmetransfereintrag gespeichert sind, der mit dem Sensor verknüpft ist, basierend auf den Wärmetransfereigenschaften eines spezifischen Sensortyps. Das Verfahren kompensiert auch den thermischen Fehler, der sich in der Ausgabe des Sensors widerspiegelt, unter Verwendung der Parameter, die in den zu dem Sensor integralen Wärmetransfereintrag gespeichert sind.

**[0102]** Optional umfassen andere Implementierungen der Erfindung den Empfang von Anwendungs- und Umgebungseingaben **830** oder einer vom Benutzer gelieferten Funktion des Wärmetransfers. Diese Eingaben können zum Beispiel in das Kompensationssystem **822** aufgenommen werden, um den Benutzer beim Modellieren des Wärmetransfers eines spezifischen, in der Umgebung des Nutzers verwendeten Sensors zu unterstützen.

**[0103]** [Fig. 14](#) zeigt eine exemplarische Fensterabfolge eines Thermomodellierungs-Computerprogramms **1400** zum Abfragen von thermischer Infor-

mation vom Nutzer einer thermischen Vorrichtung/ vom Kunden. Das Thermomodellierungsprogramm **1400** kann auch ein thermisches Modell basierend auf der Nutzerinformation und einer in dem Programm eingebetteten Wissensbasis der von dem Hersteller der thermischen Vorrichtung verfügbaren Typen von thermischen Vorrichtungen erzeugen.

**[0104]** Das exemplarische Thermomodellierungsprogramm **1400** fordert vom Nutzer Information wie etwa den Typ der thermischen Vorrichtung (z. B. RTD, Doppelthermoelement, Thermistor), ein Modell der thermischen Vorrichtung (z. B. K-Typ-Doppelthermoelement Modell #K-123456) und einen Wärmereifungsmodus (zum Beispiel Erfassung vom radiativen, konduktiven oder konvektiven Typ) an. Die Erfassung kann ferner unterteilt werden in primäre, sekundäre und tertiäre Erfassungsmodi, um Anwendungen zu berücksichtigen, die mehr als einen Typ von Erfassung aufweisen, zum Beispiel primär = konduktiv, sekundär = radiativ, wie in [Fig. 7A](#) und [Fig. 7B](#) dargestellt. Das Modellierungsprogramm **1400** kann auch Information wie etwa eine Einbaukonfiguration (zum Beispiel frontal eingebaut mit Einzelpunktkontakt wie etwa **310** in [Fig. 3](#) oder radialem Linienkontakt wie in [Fig. 4](#)) und einen Grad des Eingriffs (zum Beispiel weniger als 1 Durchmesser oder größer als 1 Durchmesser) abfragen. Man beachte, das das Fenster (5) programmiert sein kann, um diese Information vom Benutzer nur abzufragen, wenn im Fenster (4) eine Einbaukonfiguration ausgewählt ist, die eine „Eingrifftiefe“ hat, wie etwa „frontal, Oberflächenkontakt“, „frontal und radial, Oberflächenkontakt“ oder „radial, Linienkontakt“, etc. Das Modellierungsprogramm kann auch die Innigkeit eines Kontakts oder eine Kontaktkraft abfragen (zum Beispiel locker, eng oder Presspassung der thermischen Vorrichtung in passender thermischer Quelle der Anwendung), oder alternativ kann die Kontaktkraft quantifiziert werden.

**[0105]** Andere Merkmale, die von einem Modellierungsprogramm **1400** abgefragt werden können, umfassen eine Kontaktoberflächenbeschaffenheit, Kontaktoberflächenausdehnung oder -länge, einen Kontaktabstand vom Temperaturerfassungselement sowie eine Empfindlichkeit der thermischen Vorrichtung oder Spitze.

**[0106]** Ferner können beliebige andere Umgebungsbedingungen der Nutzeranwendung der thermischen Vorrichtung, die zum Bestimmen der Wärmetransfereigenschaften zwischen der thermischen Vorrichtung und der die thermische Vorrichtung in dem Messsystem umgebenden thermischen Umgebung nützlich sind, gemäß einem Aspekt der Erfindung in das thermische Modell aufgenommen werden. Nachdem der Benutzer solche Information (z. B. in Verbindung mit einer interaktiven Website) geliefert hat, können die passenden Wärmetransferkompensationsdaten in die Kompensationsvorrichtung oder

Instrumentierung **822** herunter geladen werden. Alternativ kann ein thermisches Modell in der Instrumentierung verwendet und zum Vervollständigen des Kompensationsmodells eingesetzt werden, das von den mit der thermischen Vorrichtung verknüpften Einträgen geliefert wird.

**[0107]** Zwar sind diverse exemplarische Doppelthermoelement-Erfassungsvorrichtungen und Verfahren zur thermischen Kompensation in einem konduktiven Erfassungsmodus verwendet worden, um die Wärmetransfereigenschaften der exemplarischen thermischen Vorrichtung und der die thermische Vorrichtung umgebenden thermischen Umgebung in dem Thermomodellierungsprogramm und dem Temperaturkompensationssystem zu beschreiben, doch kann jeder beliebige Typ von thermischer Vorrichtung thermisch modelliert werden und wird in einem Kontext der Erfindung in Betracht gezogen.

**[0108]** Bei der Vorstellung von Aspekten der Erfindung oder Ausgestaltungen davon sollen die Artikel ein/eine/eines und der/die/das bedeuten, dass es eines oder mehrere der Elemente gibt. Die Ausdrücke „umfassen“, „beinhalten“ und „aufweisen“ sollen nicht abschließend sein und bedeuten, dass es neben den aufgeführten Elementen weitere Elemente geben kann.

**[0109]** In Anbetracht des oben Gesagten ist zu erkennen, dass diverse Aspekte der Erfindung erreicht und weitere vorteilhafte Ergebnisse erzielt werden. Da an den obigen exemplarischen Konstruktionen und Verfahren diverse Änderungen vorgenommen werden könnten, ohne den Rahmen der Erfindung zu verlassen, soll alles Material, das in der obigen Beschreibung enthalten oder in den beigefügten Zeichnungen gezeigt ist, als verdeutlichend, aber nicht einschränkend interpretiert werden.

**[0110]** Es versteht sich, dass die hier beschriebenen Schritte nicht dahingehend ausgelegt werden sollen, dass ihre Durchführung in der jeweils diskutierten oder dargestellten bestimmten Reihenfolge erforderlich wäre. Es versteht sich, dass auch zusätzliche oder alternative Schritte eingesetzt werden können.

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Nicht-Patentliteratur**

- IEEE P1451.4 [[0069](#)]

## Schutzansprüche

1. Thermisches Sensorsystem mit:  
einem Sensor zum Messen einer Temperatur in einer Nutzerumgebung, der ein die vom Sensor gemessene Temperatur anzeigendes Sensorsignal liefert; und einem mit dem Sensor verknüpften Wärmetransfereintrag zum Bereitstellen von Wärmetransferparametern zum Kompensieren der vom Sensor gemessenen Temperatur als Funktion des Wärmetransfers zwischen dem Sensor und der Nutzerumgebung, wobei die Wärmetransferparameter mit vorgegebener Wärmetransferinformation zum Charakterisieren eines Transfers von Wärmeenergie zwischen dem Sensor und der Nutzerumgebung verknüpft sind.
2. System nach Anspruch 1, bei dem die Wärmetransferparameter in dem Wärmetransfereintrag gespeichert und/oder durch den Wärmetransfereintrag referenziert sind.
3. System nach Anspruch 1, ferner mit:  
einem mit dem Sensor verknüpften Wärmetransfermodell zum Erzeugen von Wärmetransferkompensationsinformation zum Kompensieren der vom Sensor gemessenen Temperatur, wie vom Sensorsignal angegeben, in Funktion der Wärmetransferparameter.
4. System nach Anspruch 3, bei dem das Wärmetransfermodell eine thermische Beziehung zwischen der vom Sensor gemessenen Temperatur und einer Wärmetransfereigenschaft der Nutzerumgebung definiert, wobei die thermische Beziehung wenigstens teilweise anhand von Nutzerinformation definiert ist.
5. System nach Anspruch 4, bei dem die Nutzerinformation Information umfasst, die aus einer ausgewählten Quelle aus der Gruppe bestehend aus einer Liste, einem Menü in einem Computerprogramm, einem computerlesbaren Medium und einem Online-Internetprogramm empfangen ist.
6. System nach Anspruch 3, bei dem das Wärmetransfermodell eine Wärmetransferbeziehung als eine konduktive thermische Beziehung und/oder eine konvektive thermische Beziehung und/oder eine radiative thermische Beziehung definiert.
7. System nach Anspruch 3, bei dem das Wärmetransfermodell eine Wärmetransferbeziehung als konduktives thermisches Modell definiert, wobei das konduktive thermische Modell einen Wärmetransferleiter  $G_a$  von einem Messelement zur Umgebungswärme der Sensorumgebung und/oder einen Wärmetransferleiter  $G_{s1}$  von einer Abschirmung zum Messelement und/oder einen Wärmetransferleiter  $G_c$  des thermischen Kontaktwiderstandes umfasst.
8. System nach Anspruch 3, bei dem das Wärmetransfermodell eine Wärmetransferbeziehung als konvektives thermisches Modell definiert, wobei das konvektive thermische Modell einen Wärmetransferleiter  $G_a$  vom Messelement zur Sensorumgebung und/oder einen Wärmetransferleiter  $G_{s1}$  von einer Abschirmung zum Messelement und/oder einen Wärmetransferleiter  $G_{s2}$  vom Prozess zur Abschirmung umfasst.
9. System nach Anspruch 3, bei dem das Wärmetransfermodell eine Wärmetransferbeziehung als radiatives thermisches Modell definiert, wobei das radiative thermische Modell einen Wärmetransferleiter  $G_a$  vom Messelement zur Sensorumgebung und/oder einen Wärmetransferleiter  $G_{s1}$  von einer Abschirmung zum Messelement und/oder einen Wärmetransferleiter  $G_{s2}$  vom Prozess zur Abschirmung und/oder einen Wärmetransferleiter  $G_s$  von der radiativen Quelle zur Abschirmung umfasst.
10. System nach Anspruch 3, bei dem das Wärmetransfermodell ein Netzwerk von Wärmetransferleitern umfasst, die den Wärmetransfer zwischen dem Sensor und wenigstens einem Wärmetransfertyp darstellen, der aus der Gruppe bestehend aus konvektivem Wärmetransfer, konduktivem Wärmetransfer und radiativem Wärmetransfer ausgewählt ist.
11. System nach Anspruch 1, ferner mit:  
einer Wärmetransferkompensationsvorrichtung zum Empfangen des Sensorsignals und der Wärmetransferparameter von dem Wärmetransfereintrag, wobei die Wärmetransferkompensationsvorrichtung eine kompensierte gemessene Temperatur als Funktion des Wärmetransfermodells erzeugt.
12. System nach Anspruch 1, ferner mit:  
einer Wärmetransferkompensationsvorrichtung zum Empfangen der Wärmetransferparameter von dem Wärmetransfereintrag und des Sensorsignals, wobei die Wärmetransferkompensationsvorrichtung eine kompensierte gemessene Temperatur als Funktion einer Wärmetransfereigenschaft der Nutzerumgebung erzeugt.
13. System nach Anspruch 12, bei dem die Wärmetransferkompensationsvorrichtung umfasst:  
ein Eingabemodul zum Empfangen des Sensorsignals von dem Sensor und der Wärmetransferparameter von den mit dem Sensor verknüpften Wärmetransfereintrag;  
ein Messmodul zum Empfangen des Sensorsignals vom Sensor und zum Erzeugen von Messdaten als Funktion des empfangenen Sensorsignals;  
ein Prozessormodul zum Bestimmen der kompensierten gemessenen Temperatur als Funktion der Messdaten und der dem Sensor zugeordneten Wärmetransferparameter;  
einen Speicher zum Speichern der Messdaten und der Wärmetransferparameter; und

ein Kommunikationsmodul zum Erzeugen eines kompensierten Sensortemperatursignals, das die kompensierte gemessene Temperatur angibt.

14. System nach Anspruch 1, bei dem der Sensor ein Doppelthermoelement umfasst.

15. System nach Anspruch 1, bei dem der Sensor einen Widerstandstemperaturdetektor und/oder einen Thermistor und/oder eine Diode und/oder einen Transistor umfasst.

16. System nach Anspruch 1, bei dem der Wärmeflussübertragungseintrag mit einem Eintragspeichersystem verknüpft ist, das ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus einem EPROM, einem EEPROM, einem Barcode, einem RFID-Etikett, einem virtuellen Speicherplatz in einem Netzwerk, einer Speichervorrichtung, einem computerlesbaren Medium, einer Computerfestplatte und einer Speichervorrichtung, die zum Kommunizieren von Information des Sensors betreibbar ist.

17. System nach Anspruch 1, bei dem der Wärmeflussübertragungseintrag die Wärmeflussübertragungsparameter zum Kompensieren des Sensorsignals liefert, um eine wärmeflussübertragungskompensierte gemessene Temperatur zu liefern.

18. System nach Anspruch 1, bei dem die Wärmeflussübertragungsparameter mit von einem Hersteller des Sensors gelieferter vorgegebener Information verknüpft sind.

19. Temperaturmessfehlerkompensationssystem mit:  
einem Temperatursensor zur Verwendung in einer Sensorumgebung einer Nutzeranwendung, wobei der Sensor ein Sensorsignal liefert;  
einem Wärmeflussübertragungseintrag, der mit dem Sensor verknüpft ist, um Wärmeflussübertragungsparameter zu liefern, die mit einer Wärmeflussübertragungseigenschaft zwischen dem Sensor und der Sensorumgebung innerhalb der Nutzeranwendung verknüpft sind; und  
einer Kommunikationsschnittstelle zum Liefern der Wärmeflussübertragungsparameter an ein Temperaturmesssystem, das an die Kommunikationsschnittstelle funktionsmäßig gekoppelt ist, wobei das Temperaturmesssystem konfiguriert ist, um ein kompensiertes Sensorsignal als Funktion der Wärmeflussübertragungsparameter zu bestimmen.

20. System nach Anspruch 19, bei dem die Wärmeflussübertragungsparameter in dem Wärmeflussübertragungseintrag gespeichert und/oder durch den Wärmeflussübertragungseintrag referenziert sind.

21. System nach Anspruch 19, ferner mit:  
einem mit dem Sensor verknüpften Wärmeflussübertragungsmodell, wobei die Sensorumgebung durch das Wärmeflussübertragungsmodell charakterisiert ist, um den Wärmeflussübertragung zwischen dem Sensor und der Sensorumgebung zu identifizieren.

metransfermodell charakterisiert ist, um den Wärmeflussübertragung zwischen dem Sensor und der Sensorumgebung zu identifizieren.

22. System nach Anspruch 21, bei dem das Wärmeflussübertragungsmodell umfasst:

eine Nutzereingabe zum Bereitstellen der Wärmeflussübertragungsmodellinformation über die Sensorumgebung und die Nutzeranwendung, wobei diese Information eine Sensorumgebungseingabe und/oder eine Nutzeranwendungseingabe umfasst;

eine Thermoprofileingabe, die mit der Sensorumgebung verknüpft ist, um ein Sensor-Wärmeflussübertragungsmodell basierend auf mit dem Sensor verknüpfter Information zu liefern, wobei die Information eine thermische Profilmessung und/oder eine referenzierte thermische Profilmessung des Sensors umfasst; und  
einen Wärmeflussübertragungsalgorithmus zum Analysieren der Sensorumgebung und/oder der Nutzeranwendungseingaben und zum Analysieren des eingegebenen thermischen Profils, wobei der Wärmeflussübertragungsalgorithmus eine Wärmeflussübertragungsfunktion liefert, und wobei die Wärmeflussübertragungsfunktion eine Analyse des thermischen Modells darstellt, die auf der Sensorumgebungseingabe und/oder der Nutzeranwendungseingabe und auf dem eingegebenen thermischen Profil basiert.

23. System nach Anspruch 22, bei dem die Wärmeflussübertragungsfunktion eine Beziehung zwischen der gemessenen Temperatur und dem mit der Sensorumgebung verknüpften, von der thermischen Modellierung des Sensors abgeleiteten Wärmeflussübertragung definiert.

24. System nach Anspruch 22, bei dem die Nutzereingabe die Information aus einer Quelle empfängt, die ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus einer Liste, einem Menü in einem Computerprogramm, einem computerlesbaren Medium und einem mit dem Sensor verknüpften Online-Internetprogramm.

25. System nach Anspruch 22, bei dem die Wärmeflussübertragungsfunktion umfasst:

eine Funktion, die die Beziehung zwischen der gemessenen Temperatur und dem Wärmeflussübertragung zwischen dem Sensor und der den Sensor umgebenden Sensorumgebung beschreibt; und

eine Funktion, die die Beziehung zwischen der gemessenen Temperatur und dem Wärmeflussübertragung beschreibt, der mit einer herstellerdefinierten Einbaukonfiguration des Sensors und der Sensorumgebung verknüpft ist.

26. System nach Anspruch 22, bei dem die Wärmeflussübertragungsfunktion eine Wärmeflussübertragungsbeziehung eines Netzwerks von Wärmeflussübertragungsleitern beschreibt, wobei das Netzwerk von Wärmeflussübertragungsleitern wenigstens einen Leiter umfasst, der ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus:

einem Messelement-Sensorumgebungs-Wärmeleiter Ga, der einen Wärmewiderstand zwischen einem Messelement des Sensors und einer Sensorumgebung angibt;

einem Abschirmung-Messelement-Wärmetransferleiter Gs1, der einen Wärmewiderstand zwischen dem Messelement des Sensors und einer Abschirmungsannengrenze des Sensors angibt;

einem Prozess-Abschirmungs-Wärmetransferleiter Gs2, der einen Wärmewiderstand zwischen einer Abschirmungsaußengrenze des Sensors und einem konvektiven Prozess der Sensorumgebung angibt;

einem Wärmekontaktwiderstands-Wärmetransferleiter Gc, der einen Wärmekontaktwiderstand zwischen der Abschirmungsaußengrenze des Sensors und dem konduktiven Prozess der Sensorumgebung angibt; und

einem Radiativquelle-Abschirmungs-Wärmetransferleiter Gs, der einen Wärmewiderstand zwischen der Abschirmungsaußengrenze des Sensors und dem radiativen Prozess der Sensorumgebung angibt.

27. System nach Anspruch 22, bei dem die Wärmetransferfunktion eine Wärmetransferbeziehung als eine konduktive thermische Beziehung und/oder eine konvektive thermische Beziehung und/oder eine radiative thermische Beziehung definiert.

28. System nach Anspruch 22, bei dem die Wärmetransferfunktion eine Wärmetransferbeziehung als konduktives thermisches Modell definiert, wobei das konduktive thermische Modell einen Messelement-Sensorumgebungswärmetransferleiter Ga und/oder einen Abschirmung-Messelement-Wärmetransferleiter Gs1 und/oder einen thermischen Kontaktwiderstands-Wärmetransferleiter Gc umfasst.

29. System nach Anspruch 22, bei dem die Wärmetransferfunktion eine Wärmetransferbeziehung als konvektives thermisches Modell definiert, wobei das konvektive thermische Modell einen Messelement-Sensorumgebungswärmetransferleiter Ga und/oder einen Abschirmung-Messelement-Wärmetransferleiter Gs1 und/oder einen Prozess-Abschirmungs-Wärmetransferleiter Gs2 umfasst.

30. System nach Anspruch 22, bei dem die Wärmetransferfunktion eine Wärmetransferbeziehung als radiatives thermisches Modell definiert, wobei das radiative thermische Modell einen Messelement-Sensorumgebungswärmetransferleiter Ga und/oder einen Abschirmung-Messelement-Wärmetransferleiter Gs1 und/oder einen Prozess-Abschirmungs-Wärmetransferleiter Gs2 und/oder einen Radiativquelle-Abschirmungs-Wärmetransferleiter Gs umfasst.

31. System nach Anspruch 22, bei dem das Wärmetransfermodell ein Netzwerk von Wärmetransferleitern umfasst, die einen Wärmetransfer zwischen dem Sensor und wenigstens einem Wärmetransfer-

typ darstellen, der ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus konvektivem, konduktivem und radiativem Wärmetransfer.

32. System nach Anspruch 19, ferner mit: einer Wärmetransferkompensationsvorrichtung zum Empfangen der Wärmetransferparameter der Wärmetransferfunktion von dem Wärmetransfereintrag und zum Anpassen des Sensorsignals in Funktion der Wärmetransferfunktion.

33. System nach Anspruch 19, ferner mit: einer Wärmetransferkompensationsvorrichtung zum Lesen der Wärmetransferparameter aus dem Wärmetransfereintrag und zum Anpassen der vom Sensor gemessenen Temperatur als Funktion der Wärmetransferparameter, um eine kompensierte gemessene Temperatur zu bestimmen.

34. System nach Anspruch 33, bei dem die Wärmetransferkompensationsvorrichtung umfasst: ein Eingabemodul zum Empfangen des Sensorsignals von dem Sensor und der Wärmetransferparameter von dem mit dem Sensor verknüpften Wärmetransfereintrag; ein Messmodul zum Empfangen des Sensorsignals von dem Sensor und zum Erzeugen von Messdaten als Funktion des empfangenen Sensorsignals; ein Prozessormodul zum Bestimmen der kompensierten gemessenen Temperatur als Funktion der Messdaten und der mit dem Sensor verknüpften Wärmetransferparameter; einen Speicher zum Speichern der Messdaten und der Wärmetransferparameter; und ein Kommunikationsmodul zum Erzeugen eines kompensierten Sensortemperatursignals, das die kompensierte gemessene Temperatur angibt.

35. System nach Anspruch 19, bei dem der Sensor ein Doppelthermoelement umfasst.

36. System nach Anspruch 19, bei dem der Sensor ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus einem Widerstandstemperaturdetektor, einem Thermistor, einer Diode und einem Transistor.

37. System nach Anspruch 19, bei dem der Wärmetransfereintrag mit einem Eintragspeichersystem verknüpft ist, das ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus einem EPROM, einem EEPROM, einem Barcode, einem RFID-Etikett, einem virtuellen Speicherplatz in einem Netzwerk, einer Speichervorrichtung, einem computerlesbaren Medium, einer Computerfestplatte und einer Speichervorrichtung, die betreibbar ist, um Informationen des Sensors zu kommunizieren.

38. System nach Anspruch 19, bei dem der Wärmetransfereintrag die Wärmetransferparameter zum Kompensieren des Sensorsignals liefert, um eine

wärmetransferkompensierte gemessene Temperatur zu liefern.

39. System nach Anspruch 19, bei dem wenigstens einer der mit der Wärmetransferfunktion verknüpften Wärmetransferparameter eine Funktion von vorgegebener Information ist, die ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Sensorumgebung, Nutzeranwendung, Sensorherstellerdaten und Sensorhalterungsherstellerdaten.

40. System zum Kompensieren von Wärmetransfer zwischen einer thermischen Vorrichtung und einer die Vorrichtung umgebenden Nutzerumgebung und innerhalb einer Nutzeranwendung, mit:  
einer thermischen Vorrichtung zum Positionieren in der Nutzerumgebung, die ein thermisches Vorrichtungssignal liefert;  
einem mit der thermischen Vorrichtung verknüpften Wärmetransfereintrag zum Liefern von Wärmetransferparametern einer Wärmetransferfunktion, die wenigstens zum Teil die Beziehung zwischen einer Temperatur der thermischen Vorrichtung und einem Wärmetransfer zwischen der thermischen Vorrichtung und der Nutzerumgebung beschreibt; und  
eine Temperaturmessungskompensationsvorrichtung zum Empfangen der Wärmetransferparameter und zum Erzeugen einer kompensierten gemessenen Temperatur als Funktion des Wärmetransfers zwischen der Nutzerumgebung und der thermischen Vorrichtung.

41. System nach Anspruch 40, bei dem die Temperaturmessungskompensationsvorrichtung ein Kompensationsvorrichtung-Nutzereingabemodul zum Empfangen von Nutzeranwendungs- und Umgebungsdaten von einem Nutzer umfasst und bei dem die Temperaturmessungskompensationsvorrichtung eine kompensierte gemessene Temperatur als Funktion der empfangenen Nutzeranwendungs- und Umgebungsdaten erzeugt.

42. System nach Anspruch 40, bei dem die Wärmetransferparameter durch den Wärmetransfereintrag gespeichert und/oder durch den Wärmetransfereintrag referenziert sind.

43. System nach Anspruch 40, bei dem die thermische Vorrichtung ein Doppelthermoelement umfasst.

44. System nach Anspruch 40, bei dem die thermische Vorrichtung ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus einem Widerstandstemperaturdetektor, einem Thermistor, einer Diode und einem Transistor.

45. System nach Anspruch 40, bei dem der Wärmetransfereintrag mit einem Eintragspeichersystem verknüpft ist, das ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus einem EPROM, einem EEPROM, einem Barcode, einem RFID-Etikett, einem virtuellen Spei-

cherplatz in einem Netzwerk, einer Speichervorrichtung, einem computerlesbaren Medium, einer Computerfestplatte und einer Speichervorrichtung, die betreibbar ist, um Information der Vorrichtung zu kommunizieren.

46. System nach Anspruch 40, bei dem die Temperaturmessfehlerkompensationsvorrichtung umfasst:  
ein Eingabemodul zum Empfangen des thermischen Vorrichtungssignals von der thermischen Vorrichtung und der Wärmetransferparameter von den mit der thermischen Vorrichtung verknüpften Wärmetransfereintrag;  
ein Messmodul zum Empfangen des thermischen Vorrichtungssignals von der thermischen Vorrichtung und zum Erzeugen von Messdaten als Funktion des empfangenen thermischen Vorrichtungssignals;  
ein Prozessormodul zum Bestimmen der kompensierten gemessenen Temperatur als Funktion der Messdaten und der mit der thermischen Vorrichtung verknüpften Wärmetransferparameter;  
einen Speicher zum Speichern der Messdaten und der Wärmetransferparameter; und  
ein Kommunikationsmodul zum Erzeugen eines kompensierten Vorrichtungstemperatursignals, das die kompensierte gemessene Temperatur angibt.

47. Messsystem nach Anspruch 40, bei dem die mit der Wärmetransferfunktion verknüpften Wärmetransferparameter durch den Wärmetransfereintrag als Funktion vorgegebener Information gespeichert sind, die ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Nutzerumgebung, Nutzeranwendung, sensorspezifischen Daten und Vorrichtungsherstellereingabedaten.

48. System zum Kompensieren einer Temperaturmessung einer thermischen Vorrichtung in einer Nutzerumgebung als Funktion von Wärmetransfer der thermischen Vorrichtung in einem Temperaturmesssystem, das Mittel aufweist zum:  
– Eingeben von mit Wärmetransfereigenschaften der thermischen Vorrichtung verknüpften Wärmetransferparametern;  
– Messen einer Ausgabe der thermischen Vorrichtung während der Temperaturmessung; und  
– Kompensieren der gemessenen Ausgabe der thermischen Vorrichtung als Funktion der Wärmetransferfunktion.

49. System nach Anspruch 48, das ferner Mittel aufweist zum:  
– Eingeben von thermischer Vorrichtungsinformation, die mit der Ausgabe der thermischen Vorrichtung als Funktion des Wärmetransfers basierend auf einer Wärmetransfereigenschaft verknüpft ist;  
– Modellieren der Wärmetransfereigenschaft, um die Wärmetransferfunktion einschließlich Wärmetransferparametern zu erzeugen; und

– Speichern von Wärmetransferparametern in einem mit der thermischen Vorrichtung verknüpften Wärmetransfereintrag.

50. System nach Anspruch 48, bei dem die mit der Wärmetransferfunktion verknüpften Wärmetransferparameter wenigstens an einen mathematischen Datenkoeffizienten und/oder einen statistisch erzeugten Parameter anpassbar sind.

51. System nach Anspruch 48, bei dem die Wärmetransferparameter in eine zweidimensionale Matrix von Wärmetransferdaten abgespeichert sind, die für den Wärmetransfer zwischen der thermischen Vorrichtung und der Nutzerumgebung repräsentativ sind.

52. System nach Anspruch 48, bei dem die Wärmetransferparameter anpassbare mathematische Datenkoeffizienten sind, die mit wenigstens einer mathematischen Funktion verknüpfbar sind, die für ein oder mehrere Segmente der Wärmetransferfunktion repräsentativ ist.

53. System nach Anspruch 48, bei dem die thermische Vorrichtung ein Doppelthermoelement umfasst.

54. System nach Anspruch 48, bei dem die thermische Vorrichtung ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus einem Widerstandstemperaturdetektor, einem Thermistor, einer Diode und einem Transistor.

55. System nach Anspruch 48, das ferner Mittel aufweist zum:

- Eingeben von thermischer Vorrichtungsinformation, die mit der Ausgabe der thermischen Vorrichtung als Funktion des Wärmetransfers basierend auf einer Wärmetransfereigenschaft verknüpfbar ist;
- Modellieren der Wärmetransfereigenschaft, um die Wärmetransferfunktion zu erzeugen; und
- Referenzieren der Wärmetransferparameter in dem Wärmetransfereintrag.

56. System nach Anspruch 55, bei dem die Modellierung der Wärmetransfereigenschaft ein konduktives thermisches Modell und/oder konvektives thermisches Modell und/oder ein radiatives thermisches Modell umfasst.

57. System nach Anspruch 48, mit Mitteln zum thermischen Modellieren der Wärmetransferfunktion, wobei das Mittel zum thermischen Modellieren Mittel aufweist zum:

- Analysieren der Nutzeranwendung, von Umgebungseingaben und von Einbaueigenschaften eines Herstellers der thermischen Vorrichtung und Ableiten der Wärmetransferfunktion als Funktion einer Beziehung einer Temperatur und einer Wärmetransfereigenschaft; und
- Speichern der mit der Wärmetransferfunktion verknüpften Wärmetransferparameter.

58. System nach Anspruch 48, das ferner Mittel aufweist, die eingegebenen Wärmetransferparameter in einem Wärmetransfereintrag zu speichern.

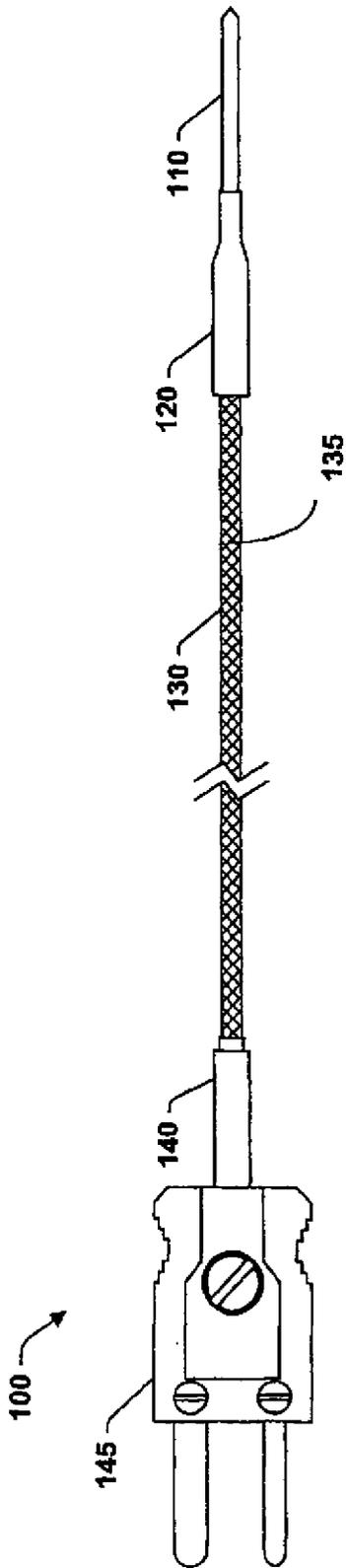
59. System nach Anspruch 58, bei dem der Wärmetransfereintrag verknüpft ist mit einem Eintragspeichersystem, das ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus einem EPROM, einem EEPROM, einem Barcode, einem RFID-Etikett, einem virtuellen Speicherplatz in einem Netzwerk, einer Speichervorrichtung, einem computerlesbaren Medium, einer Computerfestplatte und einer Speichervorrichtung, die betreibbar ist, um Information über den Wärmetransfer mit Bezug auf das thermische Vorrichtungssystem zu kommunizieren.

60. System nach Anspruch 58, ferner mit Mitteln zum Erzeugen des mit der thermischen Vorrichtung verknüpften Wärmetransfereintrags, wobei diese Mittel wiederum Mittel umfassen zum:

- Eingeben von auf die Nutzerumgebung und/eine Nutzeranwendung bezogener Information;
- Eingeben von mit der Ausgabe der thermischen Vorrichtung als Funktion einer Wärmetransfereigenschaft verknüpfter thermischer Vorrichtungsinformation;
- Modellieren des Wärmetransfers zwischen der thermischen Vorrichtung und der Nutzerumgebung, um die Wärmetransferfunktion zu bestimmen; und
- Speichern der Wärmetransferparameter in dem mit der thermischen Vorrichtung verknüpften Wärmetransfereintrag.

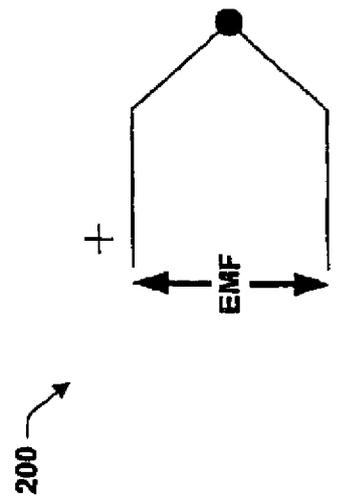
Es folgen 15 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



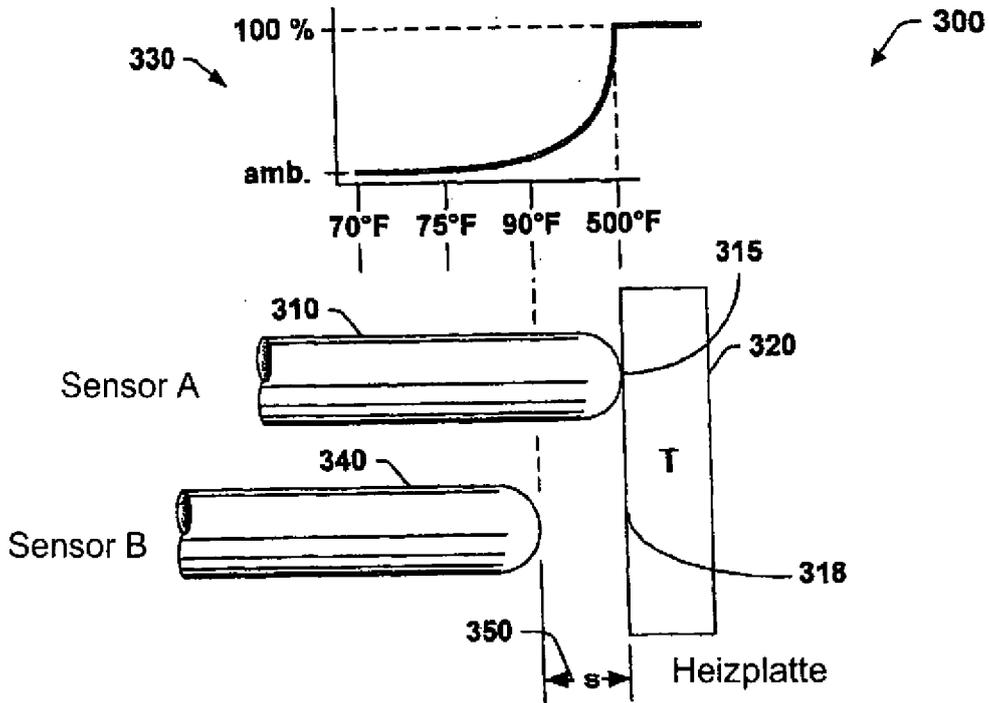
**FIG. 1**

Stand der Technik

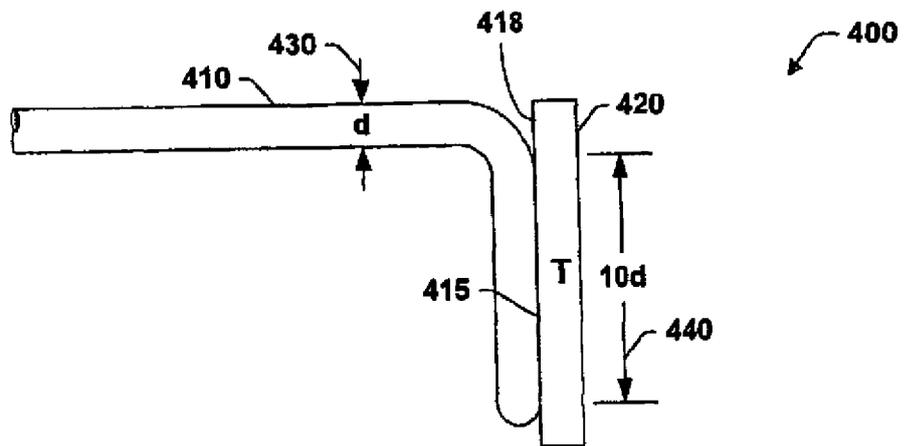


**FIG. 2**

Stand der Technik



**FIG. 3**



**FIG. 4**

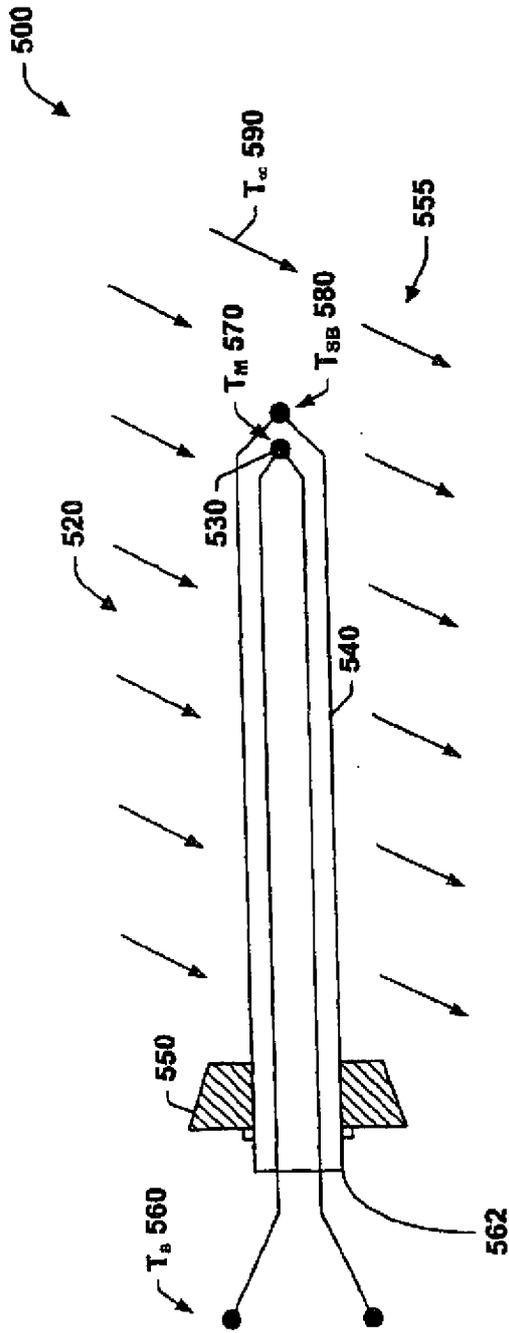


FIG. 5A

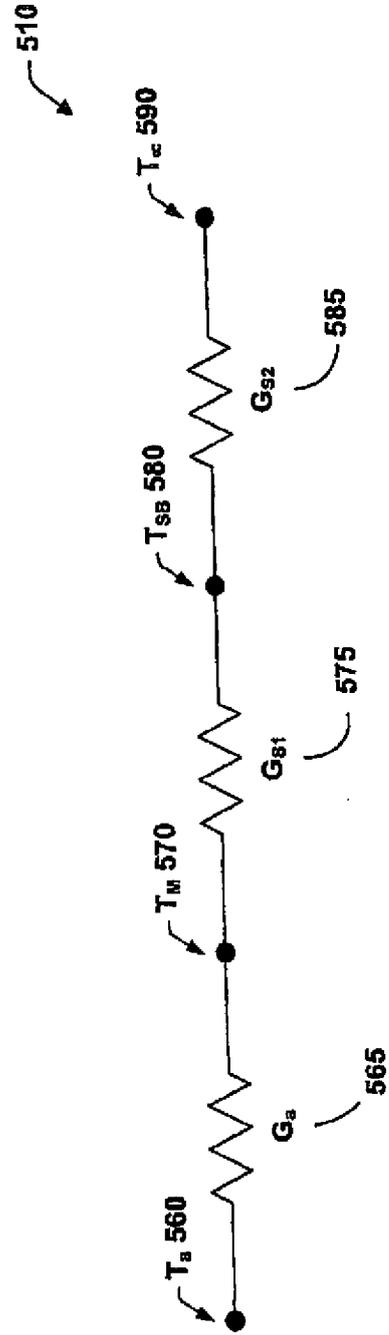


FIG. 5B

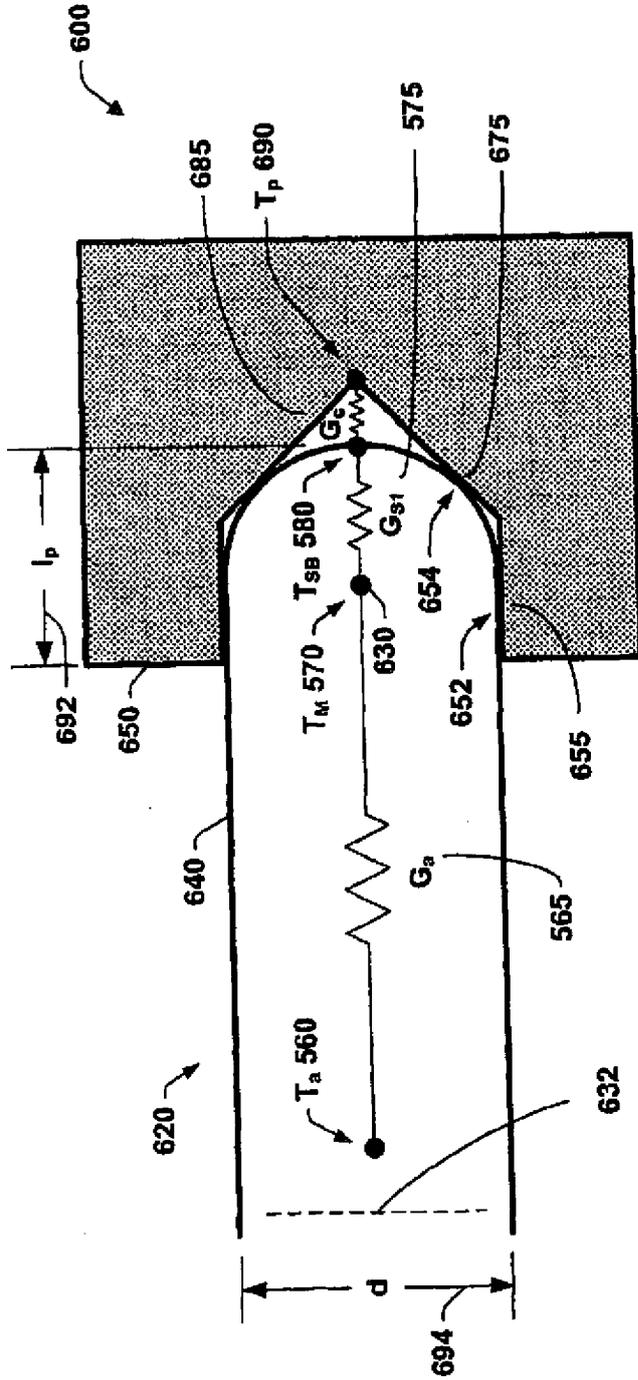


FIG. 6A

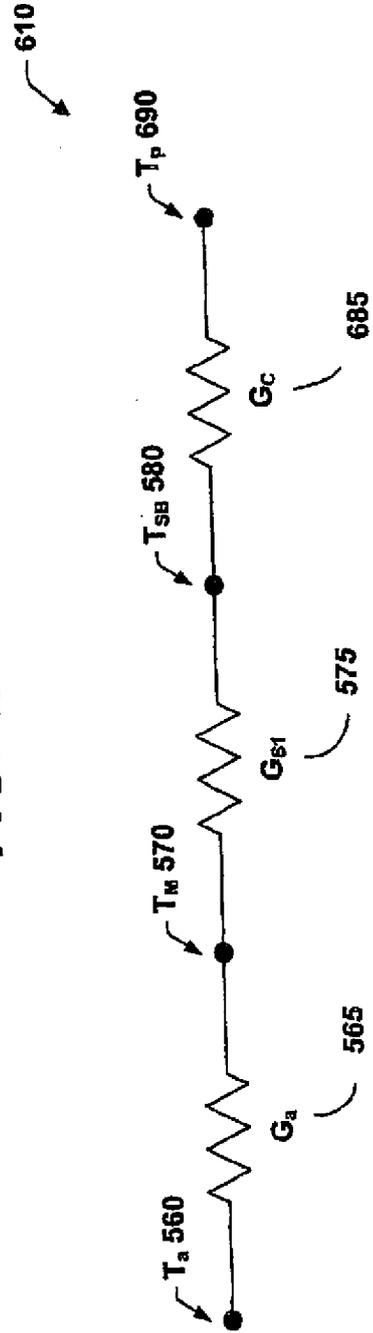


FIG. 6B

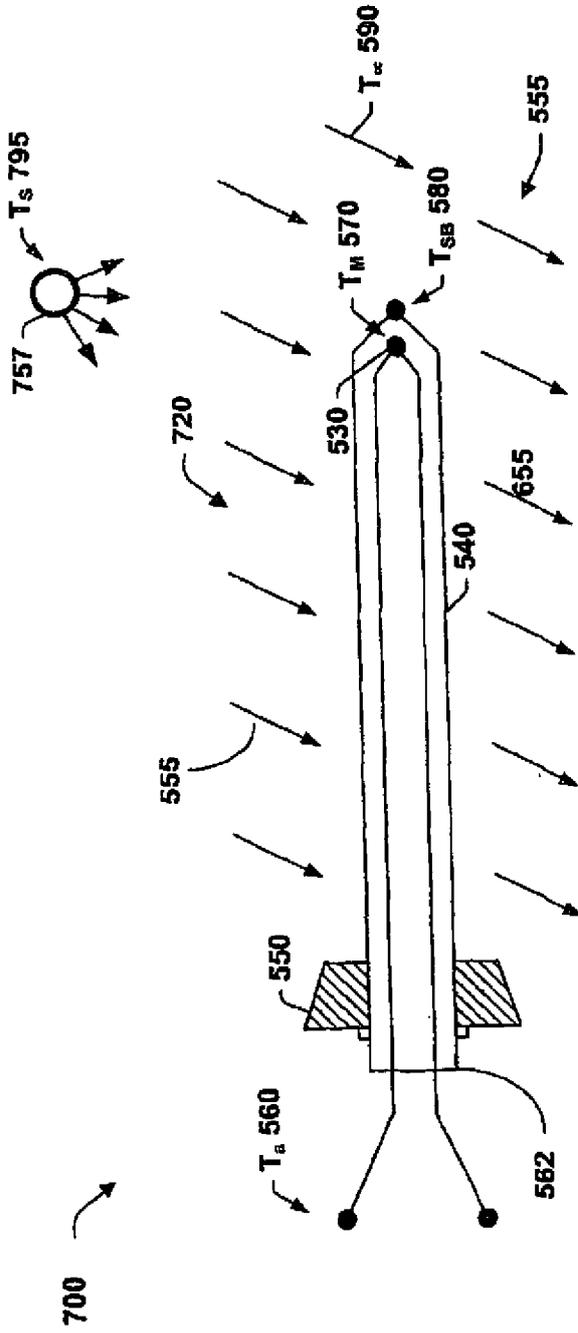


FIG. 7A

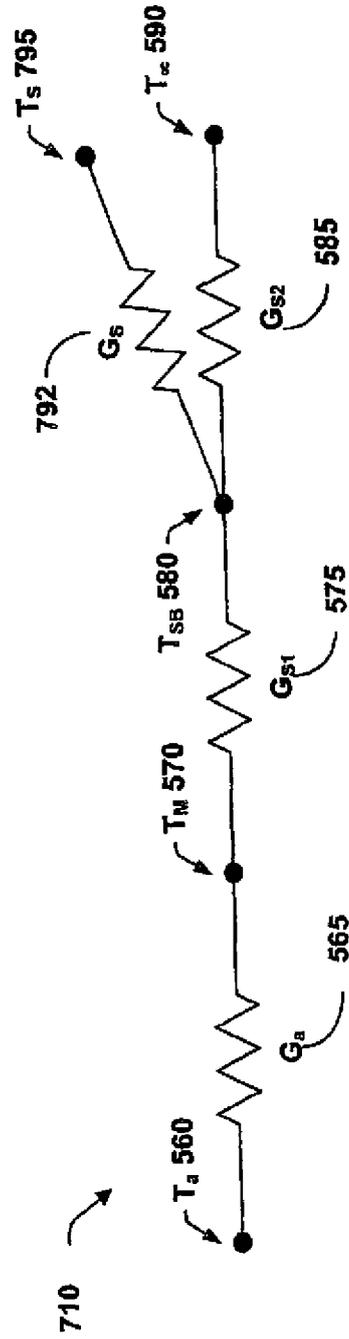
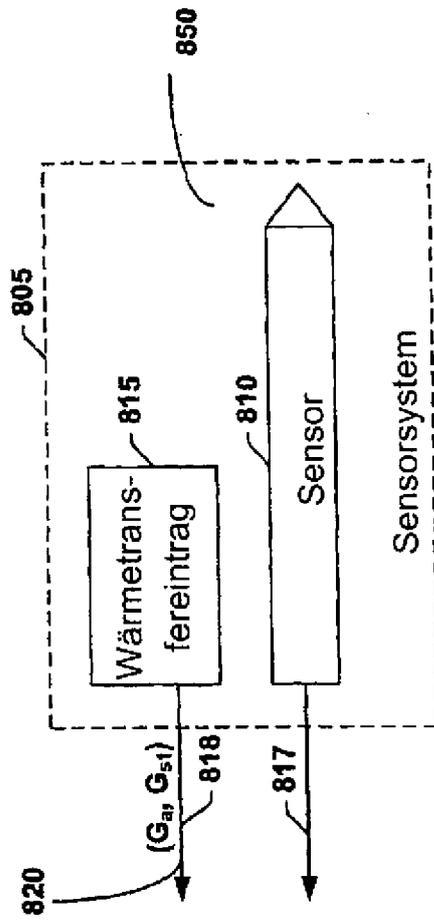


FIG. 7B



**FIG. 8A**

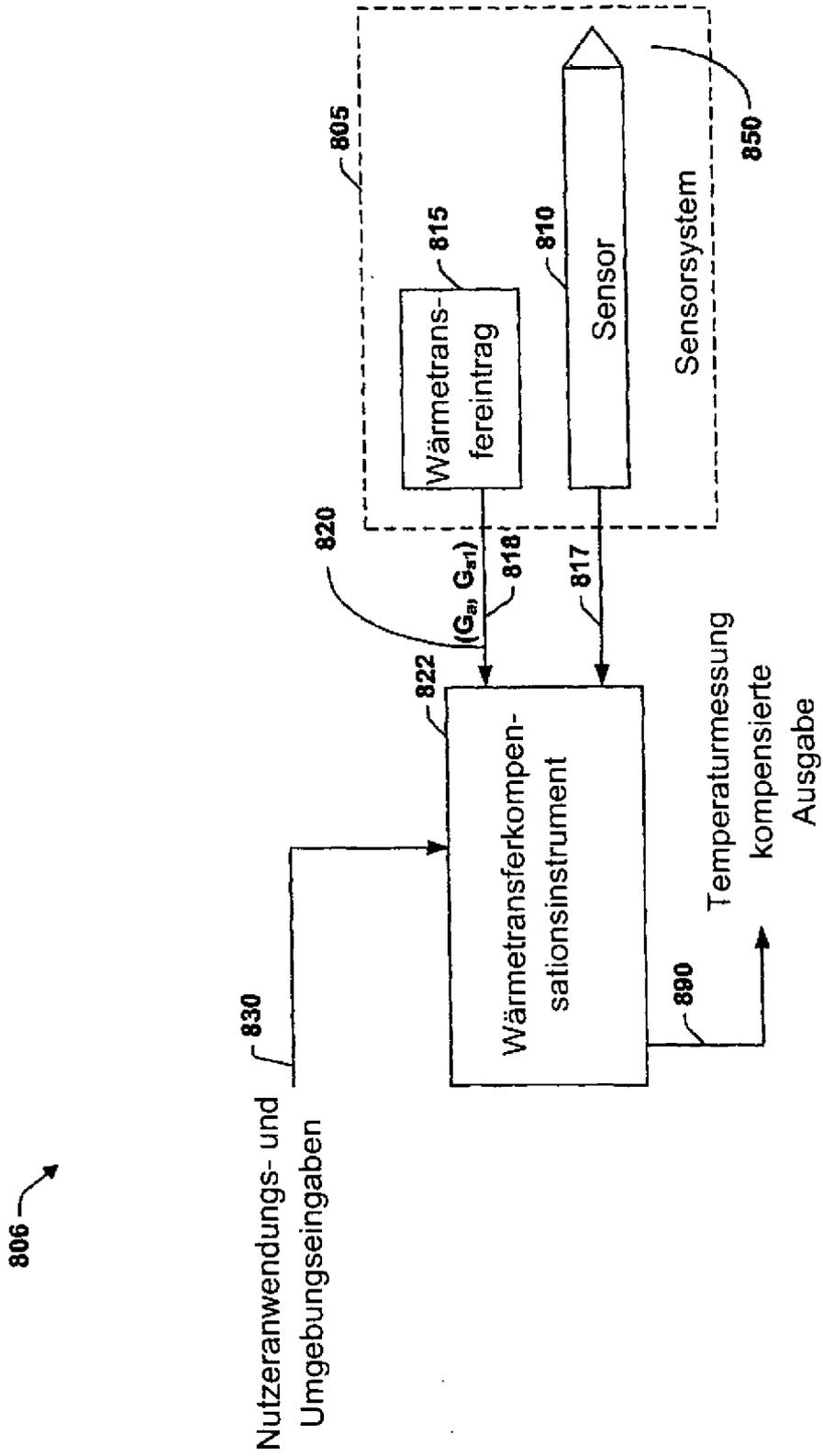


FIG. 8B

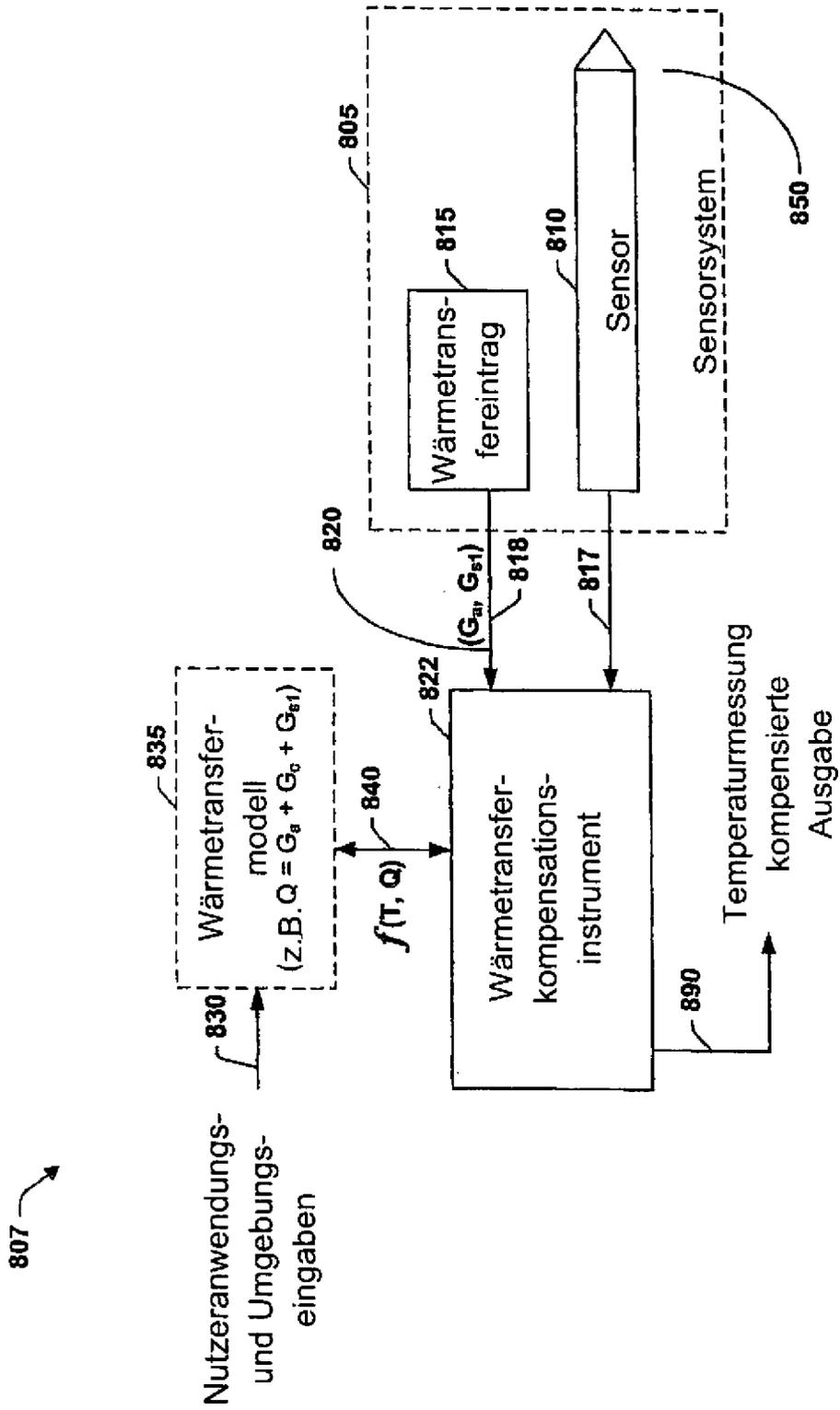
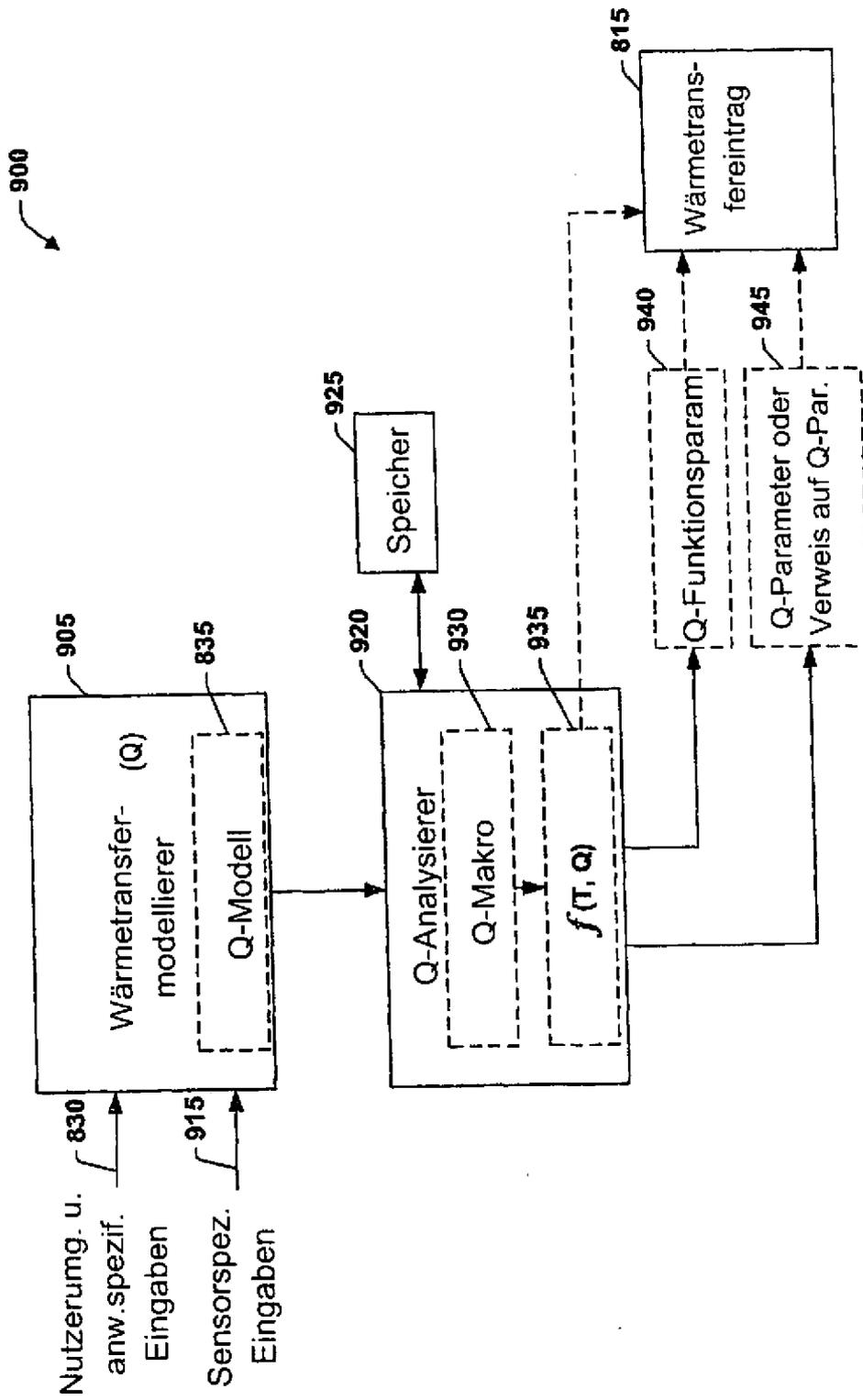
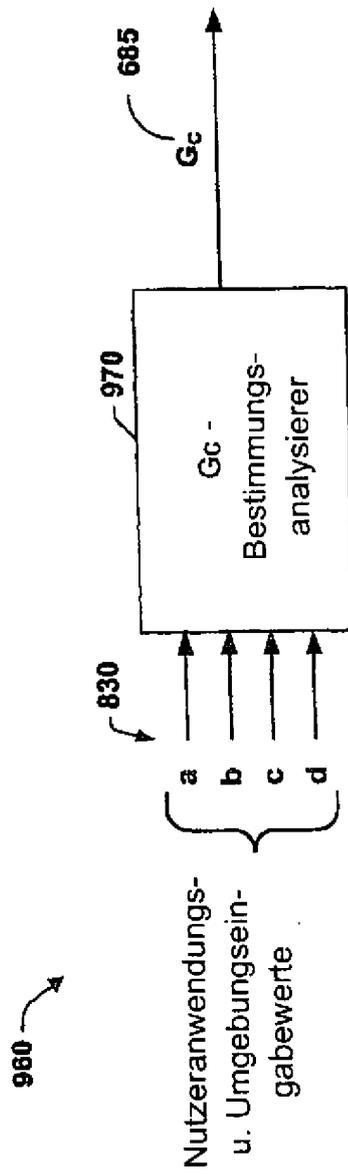


FIG. 8C



**FIG. 9A**



**FIG. 9B**

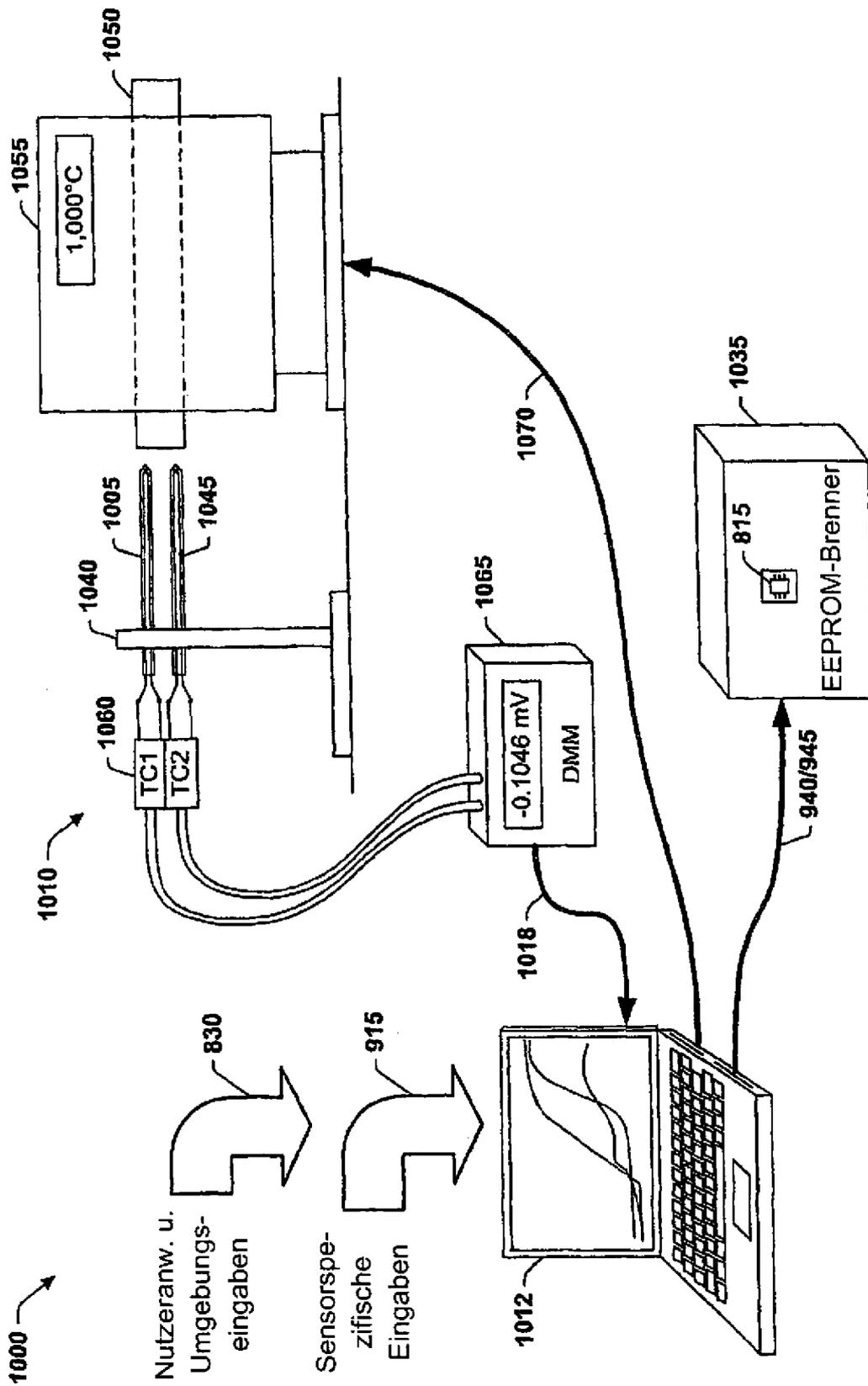


FIG. 10

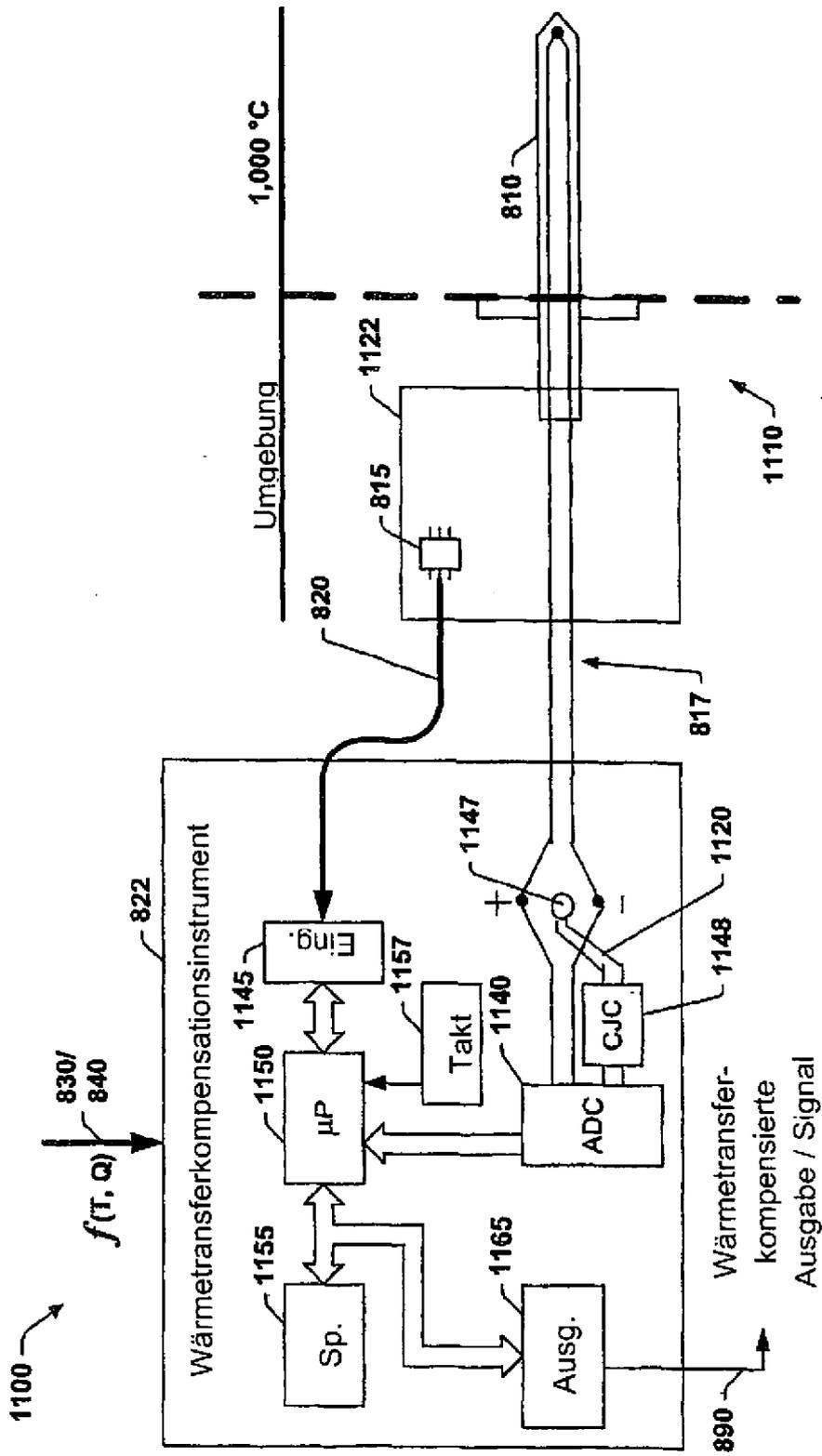


FIG. 11

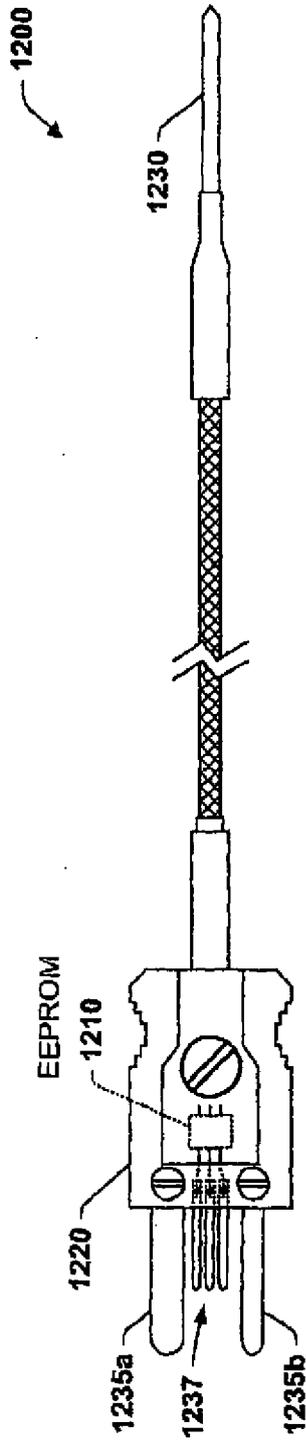


FIG. 12A

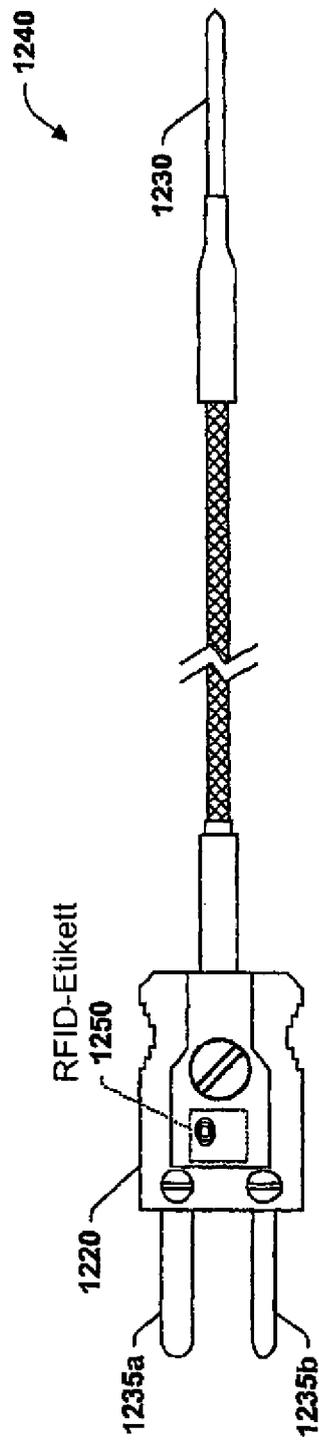


FIG. 12B

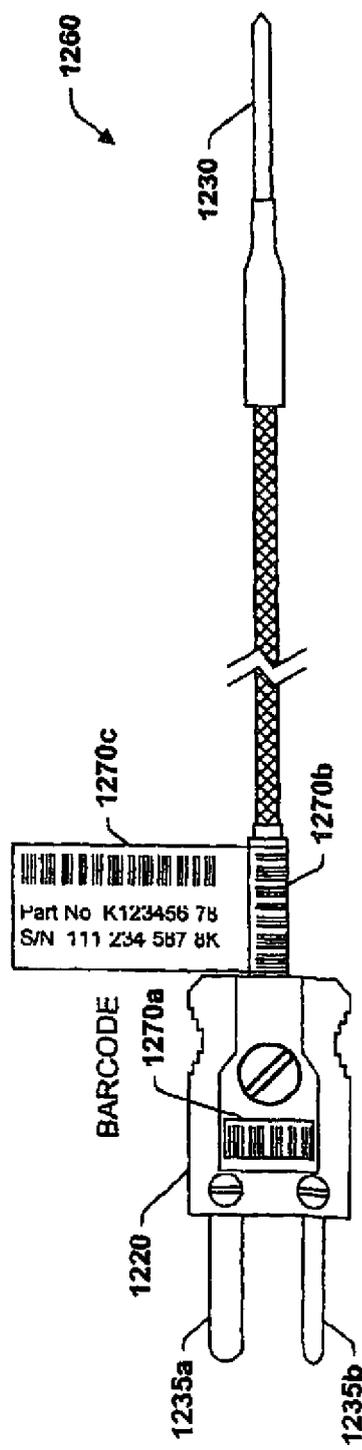


FIG. 12C

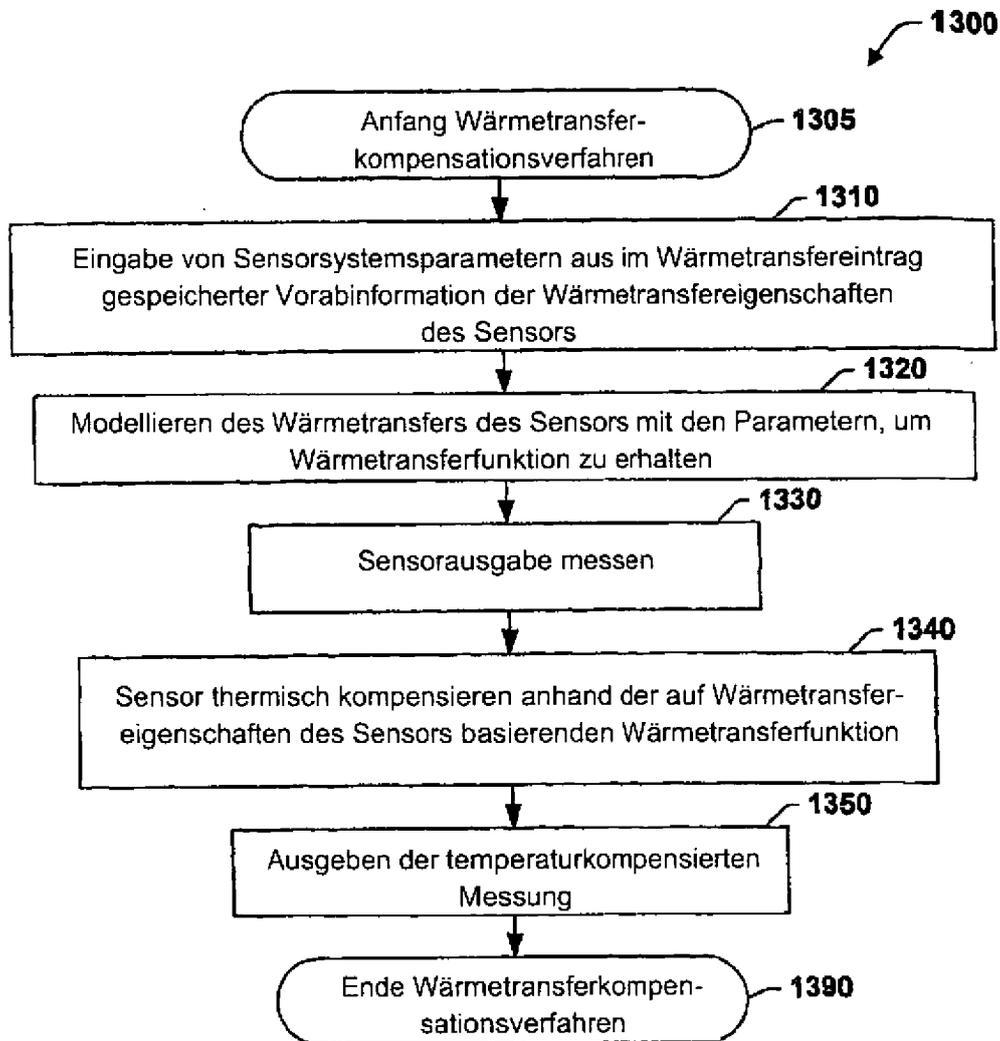


FIG. 13

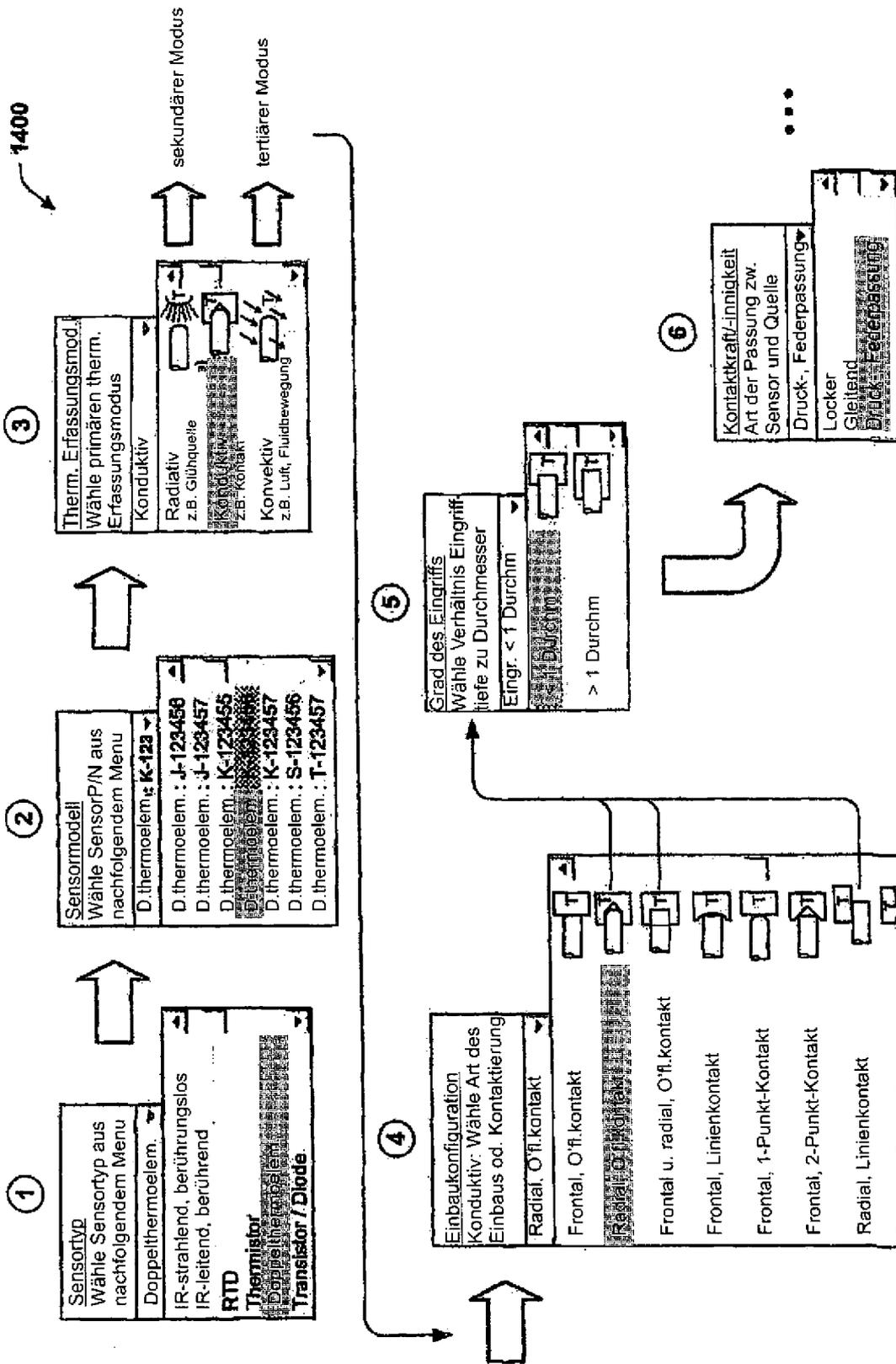


FIG. 14