



(12)

## Patentschrift

- (21) Deutsches Aktenzeichen: 199 83 379.6  
 (86) PCT-Aktenzeichen: PCT/US99/15846  
 (87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: WO 2000/004582  
 (86) PCT-Anmelddatag: 14.07.1999  
 (87) PCT-Veröffentlichungstag: 27.01.2000  
 (43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung  
     in deutscher Übersetzung: 13.09.2001  
 (45) Veröffentlichungstag  
     der Patenterteilung: 18.08.2011

- (51) Int Cl.: **H01L 23/34 (2006.01)**  
**G05D 23/19 (2006.01)**  
**G01R 31/26 (2006.01)**  
**H01L 23/46 (2006.01)**

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

- |   |            |    |
|---|------------|----|
| (30) Unionspriorität:<br><b>60/092,720</b>  | 14.07.1998 | US |
| (73) Patentinhaber:<br><b>Delta Design, Inc., Calif., Poway, US</b>                     |            |    |
| (74) Vertreter:<br><b>Manitz, Finsterwald &amp; Partner GbR, 80336,<br/>München, DE</b> |            |    |

- |   |  |  |
|---|--|--|
| (72) Erfinder:<br><b>Jones, Thomas P., Ohio, Westerville, US; Turner,<br/>Jonathan E., Ohio, Westerville, US; Malinoski,<br/>Mark F., Ohio, Westerville, US</b> |  |  |
| (56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht<br>gezogene Druckschriften:<br><b>US 48 81 591 A</b><br><b>EP 08 37 335 A1</b>                         |  |  |

- (54) Bezeichnung: **Temperaturregelung elektronischer Bauelemente unter Verwendung von Leistungsfolgerückkopplung**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum Regeln einer Temperatur eines Bauelements mit einem Wärme-Kontroller und einem mit dem Bauelement in leitendem Kontakt stehenden Wärmetauscher als Temperaturerzwingungssystem, wobei das Verfahren umfasst:

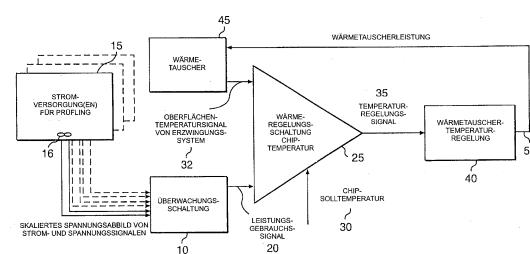
dass ein Parameter gemessen wird, der mit dem Energieverbrauch durch das Bauelement in Beziehung steht, und dass der Wärmetauscher mit dem Wärme-Kontroller geregelt wird, indem der gemessene Parameter, der mit dem Energieverbrauch durch das Bauelement in Beziehung steht, verwendet wird, um die Temperatur des Bauelements zu regeln,

dadurch gekennzeichnet,

dass das Regeln der Einstellung der Temperatur des Wärmetauschers umfasst, dass eine erste Gleichung dazu verwendet wird, die Temperatur des Bauelements zu bestimmen, und wobei die erste Gleichung ist:

$$\text{die Temperatur des Bauelements} = K_{\theta\text{eta}} \cdot P_{\text{ed}} + T_{\text{fs}},$$

wobei  $K_{\theta\text{eta}}$  eine Konstante ist, die aus einem Wärmewiderstand zwischen dem Bauelement und dem Wärmetauscher abgeleitet wird,  $P_{\text{ed}}$  der Leistungsgebrauch des Bauelements ist,  $T_{\text{fs}}$  eine Temperatur an der Oberfläche zwischen dem Bauelement und dem...



**Beschreibung****HINTERGRUND DER ERFINDUNG****1. Gebiet der Erfindung**

**[0001]** Diese Erfindung betrifft ein Verfahren zum Regeln einer Temperatur eines elektronischen Bauelements gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie ein zur Ausführung des Verfahrens eingerichtetes System gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 16. Solch ein Verfahren sowie solch ein System sind beispielsweise aus der EP 0 837 335 A1 bekannt geworden.

**2. Beschreibung des Standes der Technik**

**[0002]** Die vorliegende Erfindung betrifft Temperaturregelungssysteme, die die Temperatur eines elektronischen Bauelements bei oder nahe einer konstanten Solltemperatur halten, während das Bauelement betrieben oder geprüft wird. Zwei Beispiele elektronischer Bauelemente, die am besten bei einer konstanten oder nahe einer konstanten Temperatur betrieben werden, sind verpackte integrierte Chips und bloße Chips, die unverpackt sind. Das Halten der Chip-Temperatur nahe eines konstanten Sollwertes ist nicht schwierig, wenn die Energiedissipation des Chips während des Betriebs oder Prüfens konstant ist oder in einem kleinen Bereich schwankt. Eine Möglichkeit einer Handhabung einer derartigen Situation ist es, den Chip über einen festen Wärmewiderstand mit einer Wärmemasse zu koppeln, die auf einer festen Temperatur liegt. Aber wenn die momentane Energiedissipation des Chips während des Betreibens oder Prüfens in einem weiten Bereich nach oben und nach unten variiert, ist dann das Halten der Chip-Temperatur nahe eines konstanten Sollwertes sehr schwierig.

**[0003]** Es werden verschiedene Temperaturerzungssysteme dazu verwendet, auf die Temperaturschwankung des Chips anzusprechen, die durch eine weit variierende Energiedissipation des Chips hervorgerufen wird. Gewöhnlich werden Rückkopplungsverfahren dazu verwendet, die variierende Temperatur zu erfassen. Typische Ansätze umfassen die Verwendung einer Temperaturerfassungseinrichtung, wie beispielsweise eines Thermoelementes, die auf der Chip-Verpackung oder dem Chip selbst montiert ist. Ein weiterer Ansatz ist es, eine Temperaturerfassungseinrichtung, wie beispielsweise eine Wärme-Diode in die Chip-Schaltung zu integrieren. Eine derartige Temperaturerfassungseinrichtung würde dazu verwendet werden, Änderungen der Temperatur des Chips zu erfassen und dann das Temperaturerzungssystem geeignet einzustellen.

**[0004]** Es gibt einige Probleme mit der Verwendung von Temperaturerfassungseinrichtungen. Im Fall von

verpackten Chips wird ein außen angebrachtes Thermoelement die Temperatur der Verpackungsoberfläche angeben und nicht die Temperatur des Chips innerhalb der Verpackung. Bei manchem Energiedissipationsniveau wird diese Temperaturdifferenz für das Prüfungsergebnis signifikant sein. Die Verwendung von Temperatursensoren, die in den Chip selbst integriert sind, spricht dieses Problem an, wirft aber andere Probleme auf. Es ist keine typische Praxis für die Chip-Hersteller, Temperatursensoren auf dem Chip zu integrieren. Selbst wenn dies der Fall wäre, hätte jeder Temperatursensor des Chips einzigartige Kalibrierungserfordernisse. All das Obige stellt für die Chip-Herstellung mit hohem Volumen Probleme dar.

**[0005]** Temporäre Temperatursensoren, die beispielsweise Thermoelementfühler, die in einer automatisierten Prüfhandhabungsausrüstung enthalten sind, können einige dieser Probleme ansprechen. Jedoch wird das Problem der Verpackungstemperatur über die Die-Temperatur bleiben. Ebenso leitet die Zuverlässigkeit der temporären Temperatursensoren einen Fehler ein, der für das Prüfungsergebnis der Chip-Herstellung mit hohem Volumen signifikant sein kann. Außerdem ist die Oberfläche, die für die Temperaturregelung verfügbar ist, die gleiche Oberfläche, die für den temporären Temperatursensor benötigt wird, was das Problem weiter verkompliziert.

**[0006]** Deshalb ist ein Bedarf für eine Vorrichtung und ein Verfahren einer Temperaturregelung elektronischer Bauelemente entstanden, die auf die Temperatur des elektronischen Bauelements anstatt auf die der Verpackung ansprechen kann. Ein weiterer Bedarf ist für eine Vorrichtung und ein Verfahren einer Temperaturregelung für elektronische Bauelemente vorhanden, die geeignet für die Chip-Herstellung mit hohem Volumen verwendet werden können. Es ist ein weiterer Bedarf für eine Vorrichtung und ein Verfahren einer Temperaturregelung für elektronische Bauelemente vorhanden, die zuverlässig sind. Es ist ein weiterer Bedarf für eine Vorrichtung und ein Verfahren einer Temperaturregelung für ein elektronisches Bauelement vorhanden, welche keine wesentliche Oberfläche des elektronischen Bauelements benötigen. Es ist ein weiterer Bedarf für ein Verfahren einer Temperaturregelung für elektronische Bauelemente vorhanden, das es nicht erfordert, dass Temperaturerfassungseinrichtungen in dem Chip integriert werden oder temporär in Kontakt mit dem Chip stehen müssen. Es ist ein weiterer Bedarf für ein Verfahren einer Temperaturregelung für elektronische Bauelemente vorhanden, das nicht das Sammeln, Aufrechterhalten und Anwenden der Verwendung von Chip-Leistungsprofilen benötigt, und das nicht die Fähigkeit einer Durchführung derartiger Aufgaben in der automatisierten Prüfausrüstung, Temperaturerzungssystem und Prüf-Software erfordert.

**[0007]** Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, zumindest eines oder mehrere der oben ausgeführten Probleme zu überwinden oder zumindest zu reduzieren.

#### ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

**[0008]** Gemäß der vorliegenden Erfindung sind ein Verfahren und ein System einer Temperaturregelung für elektronische Bauelemente vorgesehen, die die Nachteile und Probleme, die der früher entwickelten Temperaturregelung für elektronische Bauelemente zugeordnet sind, im wesentlichen beseitigt oder reduziert.

**[0009]** Insbesondere wird die der Erfindung zu Grunde liegende Aufgabe mit einem Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie mit einem System mit den Merkmalen des Anspruchs 17 gelöst.

**[0010]** Der Energieverbrauch lässt sich dabei gemäß den im Anspruch 6 beschriebenen Schritten bestimmen, wie dies grundsätzlich aus der US 4 881 591 A bekannt ist.

**[0011]** Ein Vorteil der vorliegenden Erfindung ist, dass sie eine Vorrichtung und ein Verfahren einer Temperaturregelung für elektronische Bauelemente bereitstellt, die auf die Temperatur eines elektronischen Bauelements anstelle der Verpackung ansprechen können.

**[0012]** Es ist ein weiterer Vorteil der vorliegenden Erfindung, dass sie eine Vorrichtung und ein Verfahren einer Temperaturregelung für elektronische Bauelemente bereitstellt, die geeignet zur Chip-Herstellung mit hohem Volumen verwendet werden können.

**[0013]** Es ist ein weiterer Vorzug der vorliegenden Erfindung, dass sie eine Vorrichtung und ein Verfahren einer Temperaturregelung für elektronische Bauelemente bereitstellt, die zuverlässig sind.

**[0014]** Noch ein weiterer Vorteil der vorliegenden Erfindung ist, dass sie eine Vorrichtung und ein Verfahren einer Temperaturregelung für elektronische Bauelemente bereitstellt, die keine wesentliche Oberfläche eines elektronischen Bauelements zur temporären Überwachung der Verpackungstemperatur erfordern.

**[0015]** Ein anderer Vorzug der vorliegenden Erfindung ist, dass sie die Notwendigkeit beseitigt, dass Temperaturfassungseinrichtungen zur Temperaturregelung bei der Herstellung mit hohem Volumen in den Chip integriert werden oder temporär mit dem Chip verbunden werden müssen.

**[0016]** Noch ein anderer Vorzug der vorliegenden Erfindung ist, dass sie die Notwendigkeit eines Sam-

melns, Aufrechterhaltens und Anwendens des Gebrauchs von Chip-Leistungsprofilen beseitigt, sowie die Notwendigkeit für die Fähigkeit in einer automatisierten Prüfausrüstung, Temperaturerzungssystem und Prüfsoftware beseitigt, Chip-Leistungsprofile zu sammeln und anzuwenden.

#### KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

**[0017]** [Fig. 1A](#) ist ein Blockdiagramm, das eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung veranschaulicht.

**[0018]** [Fig. 1B](#) ist ein Blockdiagramm, das mehrere Hauptbauteile einer Wärmeregelungsplatine gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung veranschaulicht.

**[0019]** [Fig. 2](#) ist ein Blockdiagramm, das die Leistungsberechnungs- und -überwachungsschaltung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung veranschaulicht.

**[0020]** [Fig. 3](#) ist ein Blockdiagramm, das die Wärmeregelungsschaltung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung veranschaulicht.

**[0021]** [Fig. 4](#) ist eine graphische Darstellung, die die Ergebnisse einer Leistungsfolgetemperaturregelung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung veranschaulicht.

**[0022]** [Fig. 5](#) enthält eine graphische Darstellung, die das Leistungsvermögen eines Zwangsluftsystems veranschaulicht.

**[0023]** [Fig. 6](#) enthält eine graphische Darstellung, die das Leistungsvermögen eines einfachen Leitungssystems veranschaulicht.

**[0024]** [Fig. 7](#) enthält eine graphische Darstellung, die das Leistungsvermögen einer Leistungsfolgetemperaturregelung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung veranschaulicht.

**[0025]** [Fig. 8](#) enthält eine graphische Darstellung, die die Auswirkung einer Regelung einer Eigenerwärmung über keine Regelung der Eigenerwärmung auf die Leistungsverteilung eines Bauelementpotenzials veranschaulicht.

**[0026]** [Fig. 9](#) ist ein Blockdiagramm auf höherer Ebene, das eine Beziehung zwischen einem Prüfsteuerungssystem, einem Temperaturregelungssystem und einem Bauelement zeigt.

**[0027]** [Fig. 10A–Fig. 10C](#) sind Blockdiagramme auf höherer Ebene, die die Beschaffung und Verwendung von Bauelementleistungsinformation zeigen.

[0028] [Fig. 11](#) veranschaulicht eine Wärmeregelungseinheit.

#### DETAILLIERTE BESCHREIBUNG EINER AUSFÜHRUNGSFORM

[0029] Die oben erwähnten und andere Aspekte der vorliegenden Erfindung werden aus einer Beschreibung einer Ausführungsform deutlicher werden, wenn diese in Verbindung mit den begleitenden Zeichnungen gelesen wird. Die Zeichnungen veranschaulichen eine Ausführungsform der Erfindung. In den Zeichnungen haben gleiche Elemente die gleichen Bezugszeichen.

##### 1. Zentrale Prinzipien

[0030] Wenn ein Bauelement geprüft wird, müssen die Prüfungen bei einer festgelegten Temperatur ablaufen gelassen werden, die als ein Sollwert bekannt ist. Das Bauelement, das auch der Prüfling ("DUT") genannt wird, wird typischerweise bei mehreren unterschiedlichen Sollwerten geprüft, und das Leistungsvermögen bei jedem Sollwert wird notiert. Das Leistungsvermögen des DUT wird oft als die maximale Betriebsfrequenz,  $f_{max}$ , bei einem gegebenen Sollwert gemessen. Ein DUT ist typischerweise bei niedrigeren Temperaturen schneller (hohe  $f_{max}$ ) und bei höheren Temperaturen langsamer (niedrige  $f_{max}$ ). Eine höhere  $f_{max}$  zeigt einen leistungsfähigeren DUT und deshalb einen wertvoller DUT an.

[0031] Es ist zunehmend schwierig geworden, einen gegebenen Sollwert aufrechtzuerhalten. Einer der Gründe ist die Eigenerwärmung des DUT, die während einer Prüfung auftritt. Der DUT erwärmt sich selbst, weil er während der Prüfung Energie zieht. Wenn der DUT während einer Prüfabfolge nicht auf dem Sollwert gehalten werden kann und er sich erwärmt, wird dann, wie es oben angegeben ist, das Leistungsvermögen des DUT nach unten gehen. Dies führt zu einer Unterbewertung des Leistungsvermögens des DUT, da, wenn die Temperatur auf der angestrebten, niedrigeren Temperatur gehalten worden wäre, dann das Leistungsvermögen besser gewesen wäre. Das gleiche Bauelement hätte dann zu einem höheren Preis verkauft werden können. Der Preis ist typischerweise für ein schnelleres Bauelement exponentiell höher. Somit ist der Druck auf die Hersteller groß, die verständlicherweise das unterbewertete Leistungsvermögen akzeptieren müssen.

[0032] Die Anzahl von betroffenen Bauelementen steht ebenfalls exponentiell mit der Temperaturzunahme aus Eigenerwärmung in Beziehung. Wie [Fig. 8](#) zeigt, weist die Verteilung des Leistungsvermögens eines gegebenen Postens an Bauelementen typischerweise eine Normalverteilung um irgendeine Mittelfrequenz herum auf. Diese Mittelfrequenz beträgt annähernd 450 MHz in [Fig. 8](#) für die am weiteste-

ten rechts liegende Kurve. Bei diesem Beispiel werden die Hochleistungsbauelemente als jene mit einer  $f_{max}$  von 480 MHz oder größer angesehen.

[0033] Wenn der Sollwert aufrechterhalten werden kann, werden dann alle Bauelemente der am weitesten rechts liegenden Kurve, die im Schwanz rechts von 480 MHz liegen, Hochleistungsbauelemente sein. Wenn jedoch der Sollwert aufgrund von Eigenerwärmung nicht aufrechterhalten werden kann, wird sich dann die Kurve verschieben, was beispielsweise zu der am weitesten links liegenden Kurve führen wird. Bei diesem Beispiel wird angenommen, daß die tatsächliche Übergangstemperatur des Bauelements um 20 Grad C zunimmt, was zu einer Abnahme des Leistungsvermögens um annähernd 4% führen würde. Die Verteilung der Bauelemente in diesem Posten wird deshalb nach links verschoben, so daß sie um annähernd 432 MHz (4% von 450 = 18) zentriert ist. Diese verschobene Kurve ist durch die am weitesten links liegende Kurve dargestellt. Ein Hochleistungsbauelement muß jedoch dennoch eine  $f_{max}$  von 480 MHz oder größer haben. Der Hochleistungsbereich der Kurve hat sich somit weiter in den Schwanz der Verteilung hineinbewegt. Wie es aus der Fläche unter der Kurve deutlich wird, ist nun die Anzahl von Hochleistungsbauelementen exponentiell kleiner.

[0034] Dieses Problem würde fortfahren, noch schlechter zu werden. Die Industrietrends gehen in Richtung von Bauelementen, die bei höheren Frequenzen arbeiten und weniger Fläche einnehmen. Dies bewirkt, daß die Bauelemente mehr Energie verwenden, größere Leistungsspitzen oder -übergänge aufweisen und weniger in der Lage sind, die Wärme, die sie erzeugen, zu dissipieren.

[0035] Viele Halbleiter verwenden die Technologie des Komplementär-Metall-Oxid-Halbleiters ("CMOS"). Eine der Eigenschaften von CMOS ist, daß diese eine große Leistungsspitze zieht, wenn sie Zustände schaltet. Wenn ein CMOS-Bauelement mit einer schnelleren Geschwindigkeit betrieben wird, wird ferner das Bauelement typischerweise schneller und öfter schalten. Dies wird mehr Energie benötigen und wird auch zu großen, schnellen Änderungen des momentanen Energieverbrauchs führen. Somit wird mehr Wärme erzeugt werden.

[0036] Diese Situation wird verschlimmert, indem die Größe und Wärmemasse der Bauelemente verringert wird. Dies führt zu weniger "Raum", in den die Wärme des Bauelements dissipieren oder diffundieren kann. Das Nettoergebnis werden größere Schwankungen der DUT-Temperatur aufgrund von Eigenerwärmung und ein zunehmendes Unterbewerten des Leistungsvermögens des DUT sein.

**[0037]** Konvektionssysteme haben sich als ineffektiv erwiesen, während Verbesserungen an diesen vorgenommen wurden. In [Fig. 5](#) ist das Leistungsvermögen eines Zwangsluftsystems gezeigt, wenn es im Hinblick auf die Übergangstemperatur in einem Bauelement und den Leistungszug durch das Bauelement analysiert wird. Die Abweichung der Übergangstemperatur vom angestrebten Sollwert nimmt zu, wenn die durch das Bauelement gezogene Leistung zunimmt. Wie es zu sehen ist, erstreckt sich die Abweichung bei mehreren Übergangspunkten über zwanzig Grad C.

**[0038]** Während Leitungssysteme einen potentiellen Vorteil gegenüber Konvektionssystemen bieten, haben sie sich auch als uneffektiv erwiesen. In [Fig. 6](#) ist das Leistungsvermögen von einfacher Leitung bei einem Flip-Chip-Bauelement gezeigt. Wenn die Leistung, die durch das Bauelement gezogen wird, zunimmt, nimmt die Temperatur ebenfalls über die Nenntemperatur von annähernd sechzig Grad C hinaus zu.

**[0039]** Eine wirkliche Lösung erfordert eine Fähigkeit, die Temperatur eines DUT schnell zu detektieren, und eine Fähigkeit, schnell und effektiv auf Änderungen der Temperatur des DUT anzusprechen.

**[0040]** Wie es in dieser Anmeldung beschrieben wird, werden beide Erfordernisse durch die offenbarete Erfindung angesprochen. Sie liefern einen Mechanismus zum schnellen Bestimmen der Temperatur des DUT, indem eine neu entwickelte Leistungsfolgerückkopplungstechnik verwendet wird. Die Offenbarungen stellen auch eine Wärmequelle/senke bereit (gattungsgemäß einen Wärmetauscher ("Hx")), der schnell und effektiv ansprechen kann, um die Eigenerwärmung des DUT auszugleichen. In [Fig. 7](#) ist ein reduziertes Überschwingen der Temperatur des DUT gezeigt, das teilweise durch das schnelle Ansprechen auf die bestimmte Temperatur des DUT bewirkt wird. Dieses Ansprechen ist durch die WärmetauscherTemperatur gezeigt, die mit einem umgekehrten Bild die Leistung zum DUT widerspiegelt.

**[0041]** Das Leistungsfolgerückkopplungsverfahren, das zum Bestimmen der Temperatur des DUT verwendet wird, hat auch den Vorteil, daß es in Echtzeit arbeitet, so daß Prüfabfolgen optimiert werden können, ohne die Notwendigkeit eine thermische Konditionierung zu verändern, und ohne daß die thermische Konditionierung die Prüfprogrammflexibilität begrenzt. Ein Schlüsselmerkmal ist die Entwicklung und Verwendung einer einfachen Gleichung, die die Ableitung einer Temperatur des DUT aus den Leistungsmessungen erlaubt.

**[0042]** Während eine Messung, die auch eine Berechnung genannt wird, des gesamten Leistungsverbrauchs eines DUT erwünscht ist, wird Fachleuten

auf dem betreffenden Gebiet im Lichte der vorliegenden Offenbarung klar werden, daß dies nicht immer notwendig sein wird. Es ist klar, daß es Ausführungsformen geben wird, in denen ein Teil der Leistung abgeschätzt oder ignoriert werden könnte. Dies kann beispielsweise und ohne Beschränkung auftreten, wenn alle Leistungsfluktuationen des Bauelements auf eine besondere Spannung oder Stromversorgung isoliert sind, oder wenn eine besondere Stromversorgung dem Bauelement eine vergleichsweise geringe Menge an Energie liefert.

**[0043]** Ferner ist die Überwachung der Stromversorgungen ein geeignetes Verfahren einer Überwachung des Leistungsgebrauchs, da die Verbindungen von dem DUT entfernt werden, und da sie die momentanen Leistungsfluktuationen erfasst, bevor die tatsächliche Änderung der Eigenerwärmung auftritt. Es ist anzumerken, daß diese Leistungsfluktuationen Zunahmen oder Abnahmen sein können, und Zunahmen oder Abnahmen der Eigenerwärmung hervorrufen können. Fachleute werden jedoch feststellen, daß es andere Verfahren einer Überwachung von Leistung, Strom und/oder Spannung gibt.

## 2. Leistungsfolgesystem

**[0044]** [Fig. 1A](#) veranschaulicht eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Eine Überwachungsschaltung **10** überwacht den Leistungsgebrauch von einer oder mehreren Stromversorgungen **15**, die einem elektronischen Bauelement (nicht gezeigt), das geprüft wird oder in Betrieb ist, Leistung zuführt. Wenn es eine Vielzahl von Stromversorgungen **15** gibt, summiert dann die Überwachungsschaltung **10** den Gesamtleistungsgebrauch. Ein elektrischer Verbindungspunkt **16** verbindet die Überwachungsschaltung **10** mit jeder Stromversorgung **15**. Der elektrische Verbindungspunkt **16** versorgt die Überwachungsschaltung **10** mit einer Angabe des Leistungsgebrauchs des elektronischen Bauelements, wie beispielsweise ein Spannungsabbild des Stromes durch das elektronische Bauelement und ein Spannungspegel, bei dem das elektronische Bauelement betrieben oder geprüft wird. Die elektronischen Verbindungspunkte **16** sind in Stromversorgungen einer automatisierten Prüfausrüstung verfügbar, die dazu verwendet wird, elektronische Bauelemente zu prüfen. Die Überwachungsschaltung **10** schickt ein Leistungsgebrauchssignal **20** (eine Spannung, die den Wert des Leistungsgebrauchs darstellt) zu einer Wärmeregelungsschaltung **25**.

**[0045]** Auf der Grundlage einer gegebenen Chip-Solltemperatur oder eines Signals, das die Solltemperatur **30** darstellt, und einer Temperatur der Erzwingungssystemoberfläche oder eines Signals, das die Temperatur der Erzwingungssystemoberfläche **32** darstellt, übersetzt die Wärmeregelungsschaltung **25** das Leistungsgebrauchssignal **20** in ein Tempe-

raturregelungssignal **35**. Die Wärmeregelungsschaltung **25** schickt das Temperaturregelungssignal **35** zur Wärmetauschertemperaturregelung **40**. Die Wärmetauschertemperaturregelung **40** enthält eine Wärmetauscherstromversorgung (nicht gezeigt) mit einem Leistungsverstärker und regelt die Temperatur für einen Wärmetauscher **45** für das elektronische Bauelement in der Prüfung oder im Betrieb, indem der Ausgangstrom der Wärmetauscherstromversorgung eingestellt wird. Die resultierende Temperatur des Wärmetauschers ist die Temperatur der Erzungssystemoberfläche **32**.

**[0046]** Nach [Fig. 1B](#) ruht die Wärmeregelungsschaltung **25** auf einer Wärmeregelungsplatine **27**. Die Wärmeregelungsplatine **27** enthält auch neben anderen Bauteilen eine erste Präzisionskonstantstromquelle **28** und eine zweite Präzisionskonstantstromquelle **29**. Die erste Präzisionskonstantstromquelle **28** schickt einen präzisen konstanten Strom von der Wärmeregelungs-Platine **27** zu einer Einrichtung mit variablem Widerstand ("RTD") im Wärmetauscher **45**. Die RTD spricht auf die Temperatur der Erzungssystemoberfläche an und gibt eine Spannung aus, die die Temperatur der Erzungssystemoberfläche **32** darstellt. Die Spannung der Temperatur der Erzungssystemoberfläche wird in die Wärmeregelungsschaltung **25** rückgekoppelt. Das Anordnen der ersten Präzisionskonstantstromquelle **28** weg vom Wärmetauscher **45** liefert darin einen Vorteil, dass der Wärmetauscher leichter ersetzt werden kann.

**[0047]** Die zweite Präzisionskonstantstromquelle **29** ist in der Lage, einen präzisen konstanten Strom zum DUT zu schicken. Der Wärmetauscher **45** ist im Abschnitt der Temperaturregelungseinheit unten weiter beschrieben.

**[0048]** Wie der Fachmann im Lichte der vorliegenden und mit eingeschlossenen Offenbarungen leicht feststellen wird, können die Funktionen des Gesamtsystems mit einer Vielfalt von Techniken ausgeführt werden. Hierin sind elektrische Schaltungen für die Überwachungsschaltung und die Wärmeregelungsschaltung offenbart, jedoch sind andere Ausführungsarten für diese Funktionen möglich, ebenso wie für andere, wie beispielsweise die Erzeugung der Signale, die den Strom, die Spannung, die Temperatur und die Leistung darstellen.

**[0049]** Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung kann die hierin offenbare Funktionalität durch Hardware, Software und/oder einer Kombination von beiden ausgeführt sein. Software-Ausführungen können in irgendeiner geeigneten Sprache geschrieben sein, die ohne Beschränkung hohe Programmiersprachen, wie beispielsweise C++, mittlere und niedrige Sprachen, Assemblersprachen und anwendungsspezifische oder gerätespezifische Sprachen

einschließen. Derartige Software kann auf einem Mehrzweckcomputer, wie einem 486 oder einem Pentium, einem anwendungsspezifischen Hardware-Teil oder einer anderen geeigneten Einrichtung laufen gelassen werden.

**[0050]** Zusätzlich zur Verwendung diskreter Hardware-Bauteile in einer logischen Schaltung, kann die erforderliche Logik auch durch eine anwendungsspezifische integrierte Schaltung ("ASIC") oder andere Einrichtung ausgeführt sein. Die Technik kann eine analoge Schaltung, digitale Schaltung oder eine Kombination von beiden verwenden. Das System wird auch verschiedene Hardware-Bauteile umfassen, die in der Technik allgemein bekannt sind, wie beispielsweise Verbinder, Kabel und dergleichen. Außerdem kann zumindest ein Teil dieser Funktionalität in computerlesbaren Medien ausgeführt sein (die auch als Computerprogrammprodukte bezeichnet werden), wie beispielsweise magnetische, magnetisch-optische und optische Medien, die beim Programmieren einer Informationsverarbeitungsvorrichtung verwendet werden, um gemäß der Erfindung zu arbeiten. Diese Funktionalität kann auch in computerlesbaren Medien oder Computerprogrammprodukten ausgeführt sein, wie beispielsweise eine gesendete Wellenform, die beim Senden der Information oder Funktionalität verwendet werden soll.

**[0051]** Ferner sollte die vorliegende Offenbarung es dem Fachmann klar machen, daß die vorliegende Erfindung auf einer Vielfalt von unterschiedlichen Gebieten, Anwendungen, Industrien und Technologien angewandt werden kann. Die vorliegende Erfindung kann ohne Beschränkung mit irgendeinem mit Energie beaufschlagten System verwendet werden, indem die Temperatur entweder überwacht oder geregelt werden muß. Dies kann ohne Beschränkung viele unterschiedliche Prozesse und Anwendungen umfassen, die mit der Halbleiterherstellung, -prüfung und -betrieb zu tun haben.

**[0052]** Zusätzlich berechnet oder überwacht die bevorzugte Ausführungsform die Leistung, die einem DUT von einer Stromversorgung zugeführt wird. Diese Leistung wird typischerweise zu einer Leistungsebene oder -gitter von irgendeiner Art an den DUT über eine oder mehrere Leistungsverbindungen in dem DUT geliefert. Dies muß von der Leistung unterschieden werden, die in irgendeinem Signal inhärent ist. Es ist klar, daß jede Signalverbindung an einem Bauelement dafür entworfen ist, die spezifizierte Leistung dieses Signals zu empfangen, beispielsweise ein Taktsignal. Jedoch ist die Leistung, die die bevorzugte Ausführungsform überwacht, die Leistung, die von einer Stromversorgung den Leistungsverbindungen geliefert wird, und nicht die Leistung, die in einem Signal inhärent ist, das einer Signalverbindung zugeführt werden könnte. Eine Stromversorgung, wie sie oben verwendet wird, bezieht sich auf eine nor-

male Industrieeinrichtung, die elektrische Energie mit einer festgelegten Spannung zum Betrieb eines Bauelements zuführen kann. Es sollte jedoch klar sein, daß die Techniken der vorliegenden Erfindung auf jedes Signal angewandt werden könnten, das ohne Beschränkung ein Leistungssignal, ein Taktsignal und ein Datensignal umfaßt. Diese Techniken könnten auch auf nicht standardmäßige Stromversorgungen angewandt werden.

### 3. Die Summierungsfunktion der Überwachungsschaltung

**[0053]** [Fig. 2](#) ist ein Blockdiagramm, das die Berechnungsfunktion der Überwachungsschaltung **10** bei einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt, in der dem elektronischen Bauelement Leistung von einer Vielzahl von Leistungseinrichtungen **15** zugeführt wird. Jede elektrische Verbindung **16** (in [Fig. 2](#) nicht gezeigt, siehe [Fig. 1A](#)) schickt Strom- **210** und Spannungssignale **215** von ihrer entsprechenden Stromversorgung **15** (in [Fig. 2](#) nicht gezeigt, siehe [Fig. 1A](#)) zur Überwachungsschaltung **10**. Jedes Strom- und Spannungssignal **210, 215** tritt durch einen jeweiligen ersten Verstärker **220** hindurch, wo es verstärkt wird, und in ein Tiefpaßfilter **225**, das Breitbandrausch- und Hochfrequenzanteile des Signals entfernt. Die Strom- und Spannungssignale **210, 215** können in der Form von Spannungen vorliegen, die die Werte des jeweiligen Stromes oder der jeweiligen Spannung darstellen.

**[0054]** Die thermischen Bauteile des Systems sprechen langsamer (z. B. Millisekunden) an, als es die dem elektronischen Prüfling zugeführte Leistung tut (z. B. Nanosekunden). Dementsprechend fügen die Hochfrequenzanteile der Strom- und Spannungssignale **210, 215** keinen Wert hinzu. Das Entfernen der Hochfrequenzanteile der Strom- und Spannungssignale **210, 215** paßt die Bandbreite der Strom- und Spannungssignale **210, 215** an die Bandbreite des Rests der Regelungsschaltung an und vereinfacht die Aufgabe der Stabilisierung der Temperaturregelung.

**[0055]** Die Strom- und Spannungssignale **210, 215** für eine besondere Stromversorgung treten dann zusammen in eine erste Multiplikationsschaltung **230** ein, die die Strom- und Spannungssignale **210, 215** dazu verwendet, den Leistungsgebrauch für diese besondere Stromversorgung zu berechnen.

**[0056]** Für jede Stromversorgung verwendet die Überwachungsschaltung **10** die folgende Gleichung, um den Leistungsgebrauch von den Strom- und Spannungssignalen **210, 215** zu berechnen:

$$P = I \cdot V \quad (\text{Gl. 1})$$

wobei:

- $P$  = Leistungsgebrauch in Watt
- $I$  = Stromsignal in Ampere
- $V$  = Spannungssignal in Volt

**[0057]** Wenn die Stromversorgung **15** ein Spannungsabbild des Stromes liefert, der durch das elektronische Bauelement gezogen wird, ist dann ein Skalierfaktor erforderlich, der die Beziehung von Volt zu Ampere des Spannungsabbildsignals beschreibt. Wenn das elektronische Bauelement geprüft wird, wird der Skalierfaktor aus Eigenschaften der Stromversorgung für die automatische Prüfausrüstung abgeleitet (die auch das elektronische Bauelement, das in Betrieb ist oder geprüft wird, mit Energie beaufschlägt), die dazu verwendet wird, das elektronische Bauelement zu prüfen. Beispielsweise beträgt der Skalierfaktor der VHCDPS von Schlumberger 1,0 während der Skalierfaktor der HCDPS von Schlumberger 0,87 beträgt. Der Skalierfaktor wird für die Überwachungsschaltung verfügbar gemacht, um die Umwandlung des Signals in Volt in einen entsprechenden Stromwert in Ampere zu gestatten.

**[0058]** Der Skalierfaktor kann auch empirisch mit dieser Formel bestimmt werden:

$$\text{Skalierfaktor} = \text{Signal Volt/gemessene Ampere}$$

**[0059]** Dies könnte vorgenommen werden, indem der tatsächliche Strom und die Signalspannung gleichzeitig gemessen werden und dann die Spannung durch die gemessene Stromstärke dividiert wird. Bestimmte Ausführungsformen können auch die Einstellung von einem oder mehreren besonderen Stromausgängen und dann das Messen der Signalspannung(en) zulassen.

**[0060]** Der Ausgang von all den ersten Multiplikationsschaltungen **230** tritt in eine einzelne Summierschaltung **235** ein, die den Leistungsgebrauch von allen Stromversorgungen zum Leistungsgebrauchssignal **20** summiert. Das Leistungsgebrauchssignal **20** kann in der Form einer Spannung vorliegen, die diesen Wert darstellt, und tritt durch einen zweiten Verstärker **240** hindurch, bevor es die Überwachungsschaltung verläßt und weitergeht zu der Wärmeregelungsschaltung als das Leistungsgebrauchssignal **20**.

### 4. Die Wärmeregelungsschaltung

**[0061]** [Fig. 3](#) ist ein Blockdiagramm, das die Wärmeregelungsschaltung der vorliegenden Erfindung veranschaulicht. Die Temperatur des elektronischen Bauelements, das geprüft wird oder in Betrieb ist, kann unter Verwendung der folgenden Gleichung bestimmt werden:

$$\text{Chip-Temperatur} = K_{\theta\text{ta}} \cdot P_{\text{ed}} + T_{\text{fss}} \quad (\text{Gl. 2})$$

Wobei:

- Chip-Temperatur ( $^{\circ}\text{C}$ ) stellt die Chip-Temperatur dar, die aus seiner Energiedissipation abgeleitet wird.
- $K_{\text{theta}}$  ist eine Konstante ( $^{\circ}\text{C}/\text{Watt}$ ), die aus den Fähigkeiten des Temperaturerzwingungssystems und des Wärmewiderstandes des Mediums (oder Medien in den Fällen, in denen Wärme-Ausbreiter, Deckel oder andere Bauelemente an der Oberseite des Bauelements selbst angebracht sind), zwischen dem elektronischen Bauelement und dem Wärmetauscher abgeleitet wird.
- $P_{\text{ed}}$  (Watt) ist der Gesamtleistungsgebrauch, der in dem Leistungsgebrauchssignal **20** widerspiegelt wird, das aus der Überwachungsschaltung **10** erhalten wird (siehe [Fig. 1A](#)).
- $T_{\text{fss}}$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) ist die Erzwingungstemperatur der Systemoberfläche und die absolute Temperatur des den Chip kontaktierenden Mediums, wie von einem Temperatursensor gemessen, der in die Wärmeregelungssystemoberfläche eingebettet ist.

**[0062]**  $K_{\text{theta}}$  wird auch aus dem allgemeinen Wirkungsgrad des Wärmeregelungssystems abgeleitet, wenn dieses in Kontakt mit dem DUT steht. Beispielsweise verliert der DUT bei Solltemperaturen ziemlich oberhalb der Umgebungstemperatur proportional mehr Wärme an seine Umgebung, und das Wärmeregelungssystem muss härter arbeiten, um die Temperatur des DUT zu erhöhen als um diese zu senken. Vom Standpunkt eines Wärmeregelungssystems aus, das auf Eigenerwärmung des DUT anspricht, ist die Gesamtwirkung gleich wie ein niedrigerer Wärmewiderstand zwischen dem DUT und dem Wärmetauscher, der bei einem Umgebungssollwert arbeitet. Ähnlich gewinnt der DUT bei Solltemperaturen ziemlich unterhalb der Umgebungstemperatur Wärme aus seiner Umgebung, und das Wärmeregelungssystem muss härter arbeiten, um die Temperatur zu senken, als um diese zu erhöhen. Vom Standpunkt eines Wärmeregelungssystems aus, das auf Eigenerwärmung des DUT anspricht, ist die Gesamtwirkung gleich wie ein höherer Wärmewiderstand zwischen dem DUT und dem Wärmetauscher, der bei einem Umgebungssollwert arbeitet. In beiden Fällen wird  $K_{\text{theta}}$  derart eingestellt, dass es die Wirkung einer Wärmeübertragung zu der den DUT umgebenden Umgebung während Leistungsausschlägen widerspiegelt.

**[0063]**  $K_{\text{theta}}$  kann als ein effektiver oder ein fein abgestimmter Wärmewiderstand des Mediums angesehen werden. Obwohl der Wärmewiderstand von unterschiedlichen Medien in Standardnachschlagewerken der Chemie (wie beispielsweise CRC Handbook of Chemistry and Physics, 77. Ausgabe; David R. Lide, Chefherausgeber), angegeben sind, können Faktoren, wie beispielsweise die Umgebungsfeuchte, Druck und Temperatur den tatsächlichen Wär-

mewiderstand beeinflussen. Der Wärmewiderstand kann auch durch die physikalische Ausgestaltung der Prüfung beeinflusst werden. Um  $K_{\text{theta}}$  zu bestimmen, kann man einen Kalibrierungsprozeß dazu verwenden, den Wert des vorweggenommenen Wärmewiderstandes des Mediums einzustellen, um festzustellen, ob das Ergebnis eine Verbesserung ist. Ein weiterer Vorteil eines Kalibrierungsprozesses ist, daß er automatisch den "Wirkungsgradfaktor" der Wärmeübertragung von dem DUT zu dem Wärmeregelungssystem als eine Funktion der Solltemperatur berücksichtigen wird.

**[0064]** Wie es oben beschrieben ist, bietet  $K_{\text{theta}}$  den Vorteil eines Einarbeitens der Wirkungen einer Vielfalt von Variablen in einen einzigen Term. Bei der bevorzugten Ausführungsform braucht  $K_{\text{theta}}$  nur für eine gegebene Anwendung oder einen gegebenen Typ eines DUT optimiert werden, und kann dazu verwendet werden, viele unterschiedliche Bauelemente des gleichen Typs zu prüfen. Zusätzlich ist eine praktische Wirkung von  $K_{\text{theta}}$ , das beim Spiegeln des überwachten Energieverbrauches des Bauelements mit der Temperatur des Temperaturerzwingungssystems (siehe [Fig. 7](#))  $K_{\text{theta}}$  die relative Größe der Spiegelung vergrößert oder komprimiert.

**[0065]** In der Wärmesummierschaltung **330** wird das Temperaturregelungssignal **35** unter Verwendung der folgenden Gleichung bestimmt:

$$V_{\text{tcs}} = d(V_{\text{sp}} - ((V_{k-\text{theta}} \cdot V_{\text{ped}}) + (V_{\text{fss}} - V_{\text{IRO}})/V_{\text{alpha}}))/dt \quad (\text{Gl. 3})$$

Wobei:

- $V_{\text{tcs}}$  ist das Temperaturregelungssignal.
- $V_{\text{sp}}$  ist eine Solltemperaturspannung **375**, eine Spannung, die die Solltemperatur für das elektronische Bauelement darstellt.
- $V_{k-\text{theta}}$  ist eine Spannung **315**, die den  $K_{\text{theta}}$ -Wert darstellt. Der  $K_{\text{theta}}$ -Wert wird in einen Digital/Analog-Wandler eingegeben, der eine Spannung erzeugt, die dem Wert der Eingabe entspricht.
- $V_{\text{ped}}$  ist das Gesamtleistungsgebrauchssignal **20**, das von der Überwachungsschaltung **10** erhalten wird (siehe [Fig. 1A](#)) und das die durch den DUT verbrauchten Watt darstellt.
- $V_{\text{fss}}$  ist die Temperaturspannung der Erzwingungssystemoberfläche **32**, die durch Digital/Analog-Wandlung erzeugt wird und die Temperatur der Erzwingungssystemoberfläche darstellt.
- $V_{\text{IRO}}$  **345** ist eine Spannung, die durch Digital/Analogwandlung erzeugt wird, welche eine Spannung darstellt, die gleich dem Wert des präzisen konstanten Stromes von der ersten Präzisionskonstantstromquelle **28** in der Wärmeregelungsplatine **27** multipliziert mit dem Widerstand, der durch die Einrichtung mit variablem Widerstand im Wärmetauscher bei 0 Grad C gezeigt wird, ist. Diese kann bestimmt werden, wenn der einge-

bettete Temperatursensor im Wärmetauscher kalibriert wird.

–  $V_{\alpha}$  360 ist eine Spannung, die durch Digital/Analog-Wandlung erzeugt wird und die Steigung einer Kurve für die Einrichtung mit variablem Widerstand in dem Wärmetauscher von Widerstand über Temperatur darstellt. Diese kann bestimmt werden, wenn der eingebettete Temperatursensor in dem Wärmetauscher kalibriert wird.

[0066] Nach Fig. 3 tritt das Leistungsgebrauchssignal 20 von der Überwachungsschaltung 10 (in Fig. 3 nicht gezeigt) in die Wärmeregelungsschaltung 25 ein, indem sie durch einen dritten Verstärker 310 hindurchtritt. Von dort tritt das Leistungsgebrauchssignal 20 in eine zweite Multiplikationsschaltung 320 ein, in der es mit einem  $V_{k-\theta}$  315 multipliziert wird, um ein erstes modifiziertes Signal zu schaffen. Das modifizierte Leistungsgebrauchssignal tritt dann in einen vierten Verstärker 325 ein und von dort in eine Wärmesummierschaltung 330. Die Spannung, die die Temperatur der Erzungungssystemoberfläche  $V_{fsst}$  32 darstellt, geht auch in die Wärmeregelungsschaltung 25 hinein, indem sie durch einen fünften Verstärker 335 hindurchtritt. Von dort tritt  $V_{fsst}$  32 in eine Subtraktionsschaltung 340 ein, in der  $V_{IRO}$  345 von  $V_{fsst}$  32 für eine kalibrierte  $V_{fsst}$  subtrahiert wird. Die kalibrierte  $V_{fsst}$  tritt durch einen sechsten Verstärker 350 hindurch und in eine Divisionsschaltung 355 hinein, in der die kalibrierte  $V_{fsst}$  durch  $V_{\alpha}$  360 dividiert wird. Ein Ergebnis, das  $(V_{fsst} - V_{IRO})/V_{\alpha}$  darstellt, tritt durch einen siebten Verstärker 365 hindurch und tritt von dort in eine Wärmesummierschaltung 330 ein und wird dort mit dem modifizierten Leistungsgebrauchssignal summiert, so daß sich eine Summe ergibt. Die Summe tritt in eine Differenzschaltung (oder Subtraktionsschaltung) 375 ein, die die Summe von der Solltemperaturspannung 370 subtrahiert, so daß sich ein resultierendes Signal ergibt. Dieses Signal stellt den momentanen Temperaturfehler dar.

[0067] Das resultierende Signal tritt dann in eine Ableitungsschaltung 380 ein, die die Ableitung der resultierenden Schaltung in bezug auf die Zeit nimmt und diese glättet. Das Ableitungssignal wird dann von einem sechsten Verstärker 390 verstärkt, bevor es die Wärmeregelungsschaltung als das Temperaturregelungssignal  $V_{tcs}$  35 verläßt.

[0068] Die Ableitungsschaltung 380 stellt den Gesamtregelungsabschnitt der Wärmeregelungsschaltung 25 dar. Dies ist, wo die Ansprechzeit der Schaltung auf momentane Signalpegeländerungen bestimmt wird. Obwohl die Regelungsschaltung durch die Ableitungsschaltung 380 gekennzeichnet ist, kann sie als ein Regelkreis im PI-Stil beschrieben werden, da es eine proportionale und eine integrale Verstärkungsstufe in der Regelungsschaltung 25 gibt.

[0069] Andere Ausführungsformen können eine richtige PID-Regelung verwenden, indem beispielsweise entweder ein Kundensystem entworfen wird, oder indem ein kommerzieller Standard-Servo-Kontroller verwendet wird. Ein derartiges System fügt Fähigkeiten hinzu, wie kontinuierliche Rampenbildung, S-Kurven-Profilgebung, Servo-Abstimmung für minimales Überschwingen und Unterschwingen und verbesserte Stabilität der Regelung. Abhängig von dem besonderen verwendeten Kontroller kann es sein, daß der PID-Kontroller die Temperatursignale und das Leistungssignal in irgendeine Art von Wärmepositionssignal umwandeln und es zurück in einen kommerziellen Servomotor-Kontroller koppeln muß. Es kann sein, daß einige Kontroller auch eine gewisse Umwandlung am hinteren Ende benötigen. Wie es diese Beispiele zeigen, können die erforderlichen Regelungsfunktionen durch analoge und/oder digitale Schaltungen durchgeführt werden.

## 5. Graphisches Beispiel

[0070] Fig. 4 ist eine graphische Darstellung, die ein Beispiel der Leistungsfolgetemperaturregelung der vorliegenden Erfindung veranschaulicht. Die graphische Darstellung veranschaulicht, daß die Temperatur des elektronischen Bauelements 410 selbst bei weiteren Schwingungen in dem Ausmaß an Leistung 420, die durch das elektronische Bauelement verwendet wird, ziemlich konstant gehalten werden kann.

## 6. Prüfungssteuerung und Temperaturbestimmung

[0071] Wie es in der Offenbarung beschrieben ist, hält ein Regelungssystem die Temperatur des DUT innerhalb einer gegebenen Toleranz auf einem festgelegten Sollwert. Das Regelungssystem muß deshalb gewisse Information über die Temperatur des DUT haben. Einige Regelungssysteme, wie beispielsweise direkte Temperaturfolge, erfordern eine wiederholte DUT-Temperaturinformation. Andere Regelungssysteme, wie beispielsweise Leistungsfolge, die eine Abweichung von einem Sollwert regeln, benötigen keine wiederholte DUT-Temperaturinformation, sondern müssen nur wissen, wann der Temperaturaufrechterhaltungsprozeß beginnen soll.

[0072] Bei einer Ausführungsform beginnt der Leistungsfolgeprozeß, nachdem der DUT die Solltemperatur erreicht hat. Diese Information kann indirekt bestimmt werden, beispielsweise nachdem ein Durchwärmungszeitglied abgelaufen ist. Sie kann auch direkt bestimmt werden, beispielsweise indem eine Wärmestruktur überwacht wird. Wärmestrukturen können dazu verwendet werden, eine anfängliche DUT-Temperaturinformation zuzuführen, und sie können auch während der ganzen Prüfung überwacht werden, wenn sie geeignet kalibriert sind. Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung über-

wacht Wärmestrukturen, um die Anfangstemperatur des DUT zu bestimmen, bevor ein Leistungsfolgetemperaturregelungsverfahren eingeleitet wird.

**[0073]** Der Kennzeichnungs- und Validierungsprozeß wird vorzugsweise für die Leistungsfolgetemperaturregelung eines besonderen Typs von DUT durchgeführt. Dieser Prozeß verwendet die Temperaturinformation. Wenn eine statistisch relevante Probe mit einer wahren Die-Temperaturinformation während des Kalibrierungsprozesses genommen wird, ist dann keine Temperaturerfassungseinrichtung in dem Die während der Herstellung und Prüfung mit hohem Volumen notwendig.

**[0074]** Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung können separate Regelungsschnitte umfassen, um die Temperatur zu regeln und die Prüfabfolge zu steuern. In [Fig. 9](#) ist ein gattungsgemäßes Blockdiagramm auf höherer Ebene gezeigt, das ein Prüfsteuerungssystem **130** und ein Temperaturregelungssystem **132** veranschaulicht, die beide mit einem DUT **134** verbunden sind und mit diesem kommunizieren. Diese Offenbarung ist vorwiegend mit der Beschreibung des Temperaturregelungssystems **132** befasst gewesen. Das Prüfsteuerungssystem **130** würde die geeigneten Prüfungen an dem DUT **134** durchführen, während das Temperaturregelungssystem **132** die Temperatur des DUT regeln würde.

**[0075]** Diese beiden Steuerungssysteme **130**, **132** müssen kommunizieren oder auf andere Weise ihre Aktivitäten koordinieren. Entweder das Temperaturregelungssystem **132** oder das Prüfsteuerungssystem **130** können die Wärmestruktur überwachen. Bei einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung überwacht das Prüfsteuerungssystem **130** die Wärmestruktur des DUT **134** und schickt ein Signal, wie eine skalierte Spannung, an das Temperaturregelungssystem **132**, das die Temperatur des DUT angibt. [Fig. 9](#) zeigt den Kommunikationspfad einer derartigen Ausführungsform mit einer gestrichelten Linie zwischen dem Prüfsteuerungssystem **130** und dem Temperaturregelungssystem **132**. Ausführungsformen der Regelungssysteme und ihre Architektur können beträchtlich variieren. Bei einer Ausführungsform sind die beiden Steuerungssysteme **130**, **132** separat und kommunizieren nicht direkt. Beide Steuerungssysteme **130**, **132** überwachen den DUT **134**, um die notwendige DUT-Temperaturinformation zu gewinnen, damit sie ihre Aktivitäten koordinieren können. Bei einer zweiten Ausführungsform sind die beiden Steuerungssysteme **130**, **132** vollständig integriert.

## 7. Datenbeschaffung

**[0076]** Die Information, die das oben beschriebene Leistungsfolgesystem verwendet, ist Informati-

on über den Leistungszug eines DUT. Bei einer beschriebenen Ausführungsform ist diese Information das skalierte Spannungsabbild von Strom- und Spannungssignalen, wie dies in [Fig. 1A](#) gezeigt ist. Diese Signale werden durch die Stromversorgung (en) **15** von [Fig. 1A](#) zugeführt. Diese Information kann auch für andere Zwecke mit einem Datenerzeugungssystem verfügbar gemacht werden. Ein derartiges Datenerzeugungssystem kann die Leistungsinformation beispielsweise mit Ausdrucken oder grafischen Darstellungen anzeigen, Berechnungen auf der Grundlage von diesen für eine Vielfalt von Anwendungen durchführen, Leistungsvermögen oder Wirkungsgrad überwachen, und die Daten speichern, um einige der Möglichkeiten zu nennen. In den [Fig. 10A](#)-[Fig. 10C](#) sind verschiedene Datenerzeugungssysteme gezeigt.

**[0077]** In [Fig. 10A](#) ist eine Stromversorgung **15** gezeigt, die einem DUT **134** Energie zuführt. Die Stromversorgung ist vorzugsweise eine programmierbare Stromversorgung. Es ist auch eine Datenbeschaffungskarte **136** gezeigt, die allgemeiner als eine Datenbeschaffungseinrichtung bezeichnet wird, die Leistungsinformation empfängt, wie beispielsweise die skalierten Spannungsabbilder der Strom- und Spannungssignale von der Stromversorgung **15**. Bei bestimmten Ausführungsformen kann die Datenbeschaffungskarte **136** die gleiche Information empfangen, die die Überwachungsschaltung **10** von [Fig. 1A](#) empfängt. Dieses Signal (das die Stromversorgung **15** mit der Überwachungsschaltung **10** über die Verbindung **16** verbindet, in [Fig. 1A](#)) kann der Datenbeschaffungskarte **136** auf eine Vielfalt von in der Industrie bekannten Verfahren zugeführt werden, die ohne Beschränkung umfassen, daß die Leitung geteilt wird, oder daß die Datenbeschaffungskarte **136** mit der Überwachungsschaltung **10** prioritätsverketet wird.

**[0078]** Nach [Fig. 10C](#) ist die Überwachungsschaltung **10** vorzugsweise zwischen der Stromversorgung **15** und der Datenbeschaffungskarte **136** angeordnet. Die Datenbeschaffungskarte **136** empfängt dann das Leistungsbenutzungssignal **20** von der Überwachungsschaltung **10**. Bei dieser Ausführungsform beschafft die Datenbeschaffungskarte **136** das Leistungsbenutzungssignal **20** direkt, anstelle entweder die Berechnungen selbst durchführt zu müssen oder auf eine andere Einrichtung oder einen anderen Prozessor angewiesen zu sein, um diese durchzuführen. Verschiedene Leistungsgebrauchssignale **20**, skalierte Spannungsabbilder der Leistung, sind in [Fig. 4](#) (Chip-Leistung), [Fig. 5](#) (tatsächliche Lst), [Fig. 6](#) (Leistungsüberw.) und [Fig. 7](#) (Leistung zu DUT) gezeigt. In diesen Figuren wurden die Signale durch Datenbeschaffungskarten **136** beschafft.

**[0079]** Die Datenbeschaffungskarte **136** kann eine analoge und/oder eine digitale Schaltung benutzen.

Die Datenbeschaffungskarte **136** enthält vorzugsweise einen Analog/Digital-Wandler mit mehreren Kanälen. Eine Ausführungsform verwendet für die Datenbeschaffungskarte **136** eine Standardplatine, Modell Nr. PCI-6031E, die von National Instruments hergestellt wird.

**[0080]** Die Datenbeschaffungskarte **136** kann auch eine Vielfalt von Regelungsfunktionen durchführen, wie beispielsweise das Einstellen der Abtastrate und anderer Parameter. Bei einer bevorzugten Ausführungsform sendet jedoch die Datenbeschaffungskarte **136** die Daten zu einem anderen Kontroller. In jeder der [Fig. 10B](#) und [Fig. 10C](#) ist ein Mehrzweckpersonalcomputer ("PC") **138** gezeigt, der als der Kontroller dient und eine Vielfalt von Werten an der Datenbeschaffungskarte **136** einstellt. Bei einer Ausführungsform empfängt der PC **138** digitalisierte Daten von der Datenbeschaffungskarte **136**, und der PC **138** kann dann eine Vielfalt von Diensten und Funktionen mit den Daten durchführen. Bei einer Ausführungsform können die Daten auf einem digitalen Speichermedium gespeichert werden, wie beispielsweise einer Festplatte, einer Diskette, einer optischen Platte, einer Zip-Diskette oder einem Bernoulli-Laufwerk. Die Daten können auch übertragen werden, an einer Anzeigeeinrichtung, wie einem Computerbildschirm angezeigt werden, oder verarbeitet werden. Andere Ausführungsformen können auch zusätzliche Prozessoren oder Ausrüstung umfassen, die eine analoge Ausrüstung einschließt, welche die Daten verwendet.

**[0081]** Der PC **138** umfaßt vorzugsweise einen Pentium-Prozessor und verwendet das Betriebssystem Windows NT. Verschiedene Kommunikationskarten und Protokolle können zwischen dem PC **138** und der Datenbeschaffungskarte **136** verwendet werden, die ohne Beschränkung einen universellen asynchronen Empfänger-Sender ("UART"), einen universellen Empfänger-Sender ("URT") und den RS-232-Standard einschließen.

**[0082]** Bei einer bevorzugten Ausführungsform beschafft die Datenbeschaffungskarte **136** auch verschiedene andere Information, die ohne Beschränkung DUT-Temperaturinformation, Wärmetauscherleistungsinformation, Kühlmitteldurchflußraten und Fluideinlaß- und -auslaßtemperaturen einschließt.

#### 8. Temperaturregelungseinheit

**[0083]** [Fig. 11](#) zeigt ein allgemeines Schaubild eines Systems **110** gemäß der vorliegenden Erfindung. Wie gezeigt, bedient der Benutzer das System **110** an der Bedienerschnittstellentafel **112**. Die Bedienerschnittstellentafel **112** dient als eine Schnittstelle zu dem System-Kontroller **114**. Der System-Kontroller **114** ist in dem Wärmeregelungschassis **116** untergebracht

und regelt den Wärmetauscher **120** und das Flüssigkeitskühlungs- und -rezirkulationssystem **122**.

**[0084]** Der Wärmetauscher **120** umfaßt vorzugsweise eine Heizung und eine Wärmesenke. Es sind jedoch andere Wärmetauscher möglich. Die Wärmesenke enthält vorzugsweise eine Kammer, durch die die Flüssigkeit hindurch gepumpt wird. Es sind ebenfalls andere Wärmesenken möglich. Wärmesenken oder Wärmesenkensysteme ohne Flüssigkeit sind ebenso realisierbar, wenn die Wärmeleitfähigkeit hoch genug ist. Insbesondere sind feste Wärmesenken, wie Peltier-Einrichtungen in der Technik bekannt, die elektrische Signale durch das Material verwenden, um die Temperatur und Temperaturgradienten zu regulieren. Eine Wärmesenke kann auch äquivalent als eine Wärmeübertragungseinheit bezeichnet werden, wobei die Aufmerksamkeit auf die Tatsache fokussiert wird, daß die Wärmesenke auch als eine Wärmequelle wirken kann.

**[0085]** Die Heizung des Wärmetauschers **120** ist vorzugsweise ein dreischichtiges, gemeinsam gezündetes Aluminium-Nitrid-Heizungssubstrat mit einer Heizungsbahn zwischen den ersten beiden Schichten und der RTD-Bahn zwischen den letzten beiden Schichten. Die Heizungsbahn liefert die Erwärmung, und die RTD-Bahn liefert die Temperaturinformation. Die beiden Bahnen sind elektrisch isoliert, während sie aufgrund der Wärmeleitfähigkeit der Aluminium-Nitrid-Schichten auf im wesentlichen der gleichen Wärme position liegen.

**[0086]** Beim Diskutieren der Temperatur einer Heizung oder Wärmesenke oder anderen Einrichtung ist einzusehen, daß die Temperatur eines einzelnen Punktes an dem Bauelement diskutiert wird. Dies folgt aus der Tatsache, daß eine typische Heizung oder Wärmesenke oder andere Einrichtung einen Temperaturgradienten über die Oberfläche hinweg aufweisen wird. Im Fall einer Heizung erfolgt die Anwesenheit eines Gradienten zum Teil aufgrund der Tatsache, daß das Heizelement gewöhnlich nur einen Teil der Heizung einnimmt.

**[0087]** Das Flüssigkeitskühlungs- und -rezirkulationssystem **122** führt dem Wärmetauscher **120**, insbesondere der Wärmesenke, durch den Auslegerarm **118** eine Flüssigkeit zu. Der Auslegerarm **118** transportiert auch die Regelungssignale vom System-Kontroller **114** zur Heizung.

**[0088]** Ein Prüfkopf **121** ist derart ausgebildet, daß er unter dem Wärmetauscher **120** angeordnet ist. Der Prüfkopf **121** enthält vorzugsweise einen Prüfsockel, der dazu verwendet wird, den Prüfling ("DUT"), wie beispielsweise einen Chip, aufzunehmen. Die Prüfung des DUT kann dann durch den Prüfkopf **121** durchgeführt werden, und die Temperatur des DUT kann auch während des Prüfens reguliert werden.

Während der Temperaturregulierung steht der DUT vorzugsweise in leitendem Kontakt mit dem Wärmetauscher **120**.

## 9. Modifikationen und Vorzüge

**[0089]** Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung können eine Zeitverzögerung oder Filterung bei dem Leistungsgebrauchssignals **20** oder sonstwo umfassen, um die Wirkung einer Leistungskompen-sation in Bezug auf die Zeit einzustellen. Dies könnte beispielsweise dazu verwendet werden, die Auswirkungen eines großen keramischen Substrats oder einer anderen großen thermischen Wärmesenke auszugleichen oder die Auswirkungen eines Hochfrequenz-Leistungssignals auszumitteln, ohne dieses zu beseitigen. Eine Zeitverzögerung oder ein Filter würden wichtiger werden, wenn die Prüfgeräte und Mikroprozessoren schneller werden würden.

**[0090]** Andere Ausführungsformen können auch eine große Bypass-Kapazität an einer Prüfgerät-Schnittstellenplatine oder einem DUT selbst kompensieren. Eine Bypass-Kapazität wird dazu verwendet, eine momentane Ladung zuzuführen, die die Stromversorgung aufgrund von induktiver Belastung oder physikalischer Entfernung nicht schnell genug auffüllen kann. Wenn die Bypass-Kapazität zunimmt, wird die Zeit zwischen dem Leistungszufuhrsignal und der Eigenerwärmung des DUT abnehmen.

**[0091]** Während die oben beschriebene Ausführungsform analoge Konstruktionstechniken verwendet, könnten bei einer alternativen Ausführungsform der Erfindung ein digitaler Signalprozessor und Software verwendet werden, um dies digital zu bewirken.

**[0092]** Die Vorzüge der vorliegenden Erfindung umfassen, dass eine Vorrichtung und ein Verfahren einer Temperaturregelung für elektronische Bauelemente bereitgestellt werden, die auf die Temperatur des elektronischen Bauelements anstelle der Verpackung ansprechen können. Ein weiterer Vorzug der vorliegenden Erfindung ist, daß sie eine Vorrichtung und ein Verfahren einer Temperaturregelung für elektronische Bauelemente bereitstellt, die geeignet zur Chip-Herstellung mit hohem Volumen verwendet werden können. Ein weiterer Vorzug der vorliegenden Erfindung ist, daß sie eine Vorrichtung und ein Verfahren einer Temperaturregelung für elektronische Bauelemente bereitstellt, das zuverlässig ist.

**[0093]** Ein weiterer Vorzug der vorliegenden Erfindung ist, dass sie eine Vorrichtung und ein Verfahren einer Temperaturregelung für ein elektronisches Bauelement bereitstellt, das keine wesentliche Oberfläche des elektronischen Bauelements benötigt, um die Bauelementtemperatur zu erfassen, obwohl das System Oberfläche zur Leitung benötigt. Ein weiterer Vorzug der vorliegenden Erfindung ist, daß sie die

Notwendigkeit beseitigt, daß Temperaturerfassungseinrichtungen in den Chip integriert werden oder temporär mit dem Chip verbunden werden müssen.

**[0094]** Noch ein anderer Vorzug ist, dass die vorliegende Erfindung auch die Notwendigkeit zum Sammeln, Aufrechterhalten und Anwenden der Verwendung von Chip-Leistungsprofilen beseitigt, sowie die Notwendigkeit für die Fähigkeit beseitigt, in der automatisierten Prüfausrüstung, Temperaturerzwingungssystem und Prüfsoftware, Chip-Leistungsprofile zu sammeln und anzuwenden.

**[0095]** Die Prinzipien, bevorzugten Ausführungsformen und Betriebsmodi der vorliegenden Erfindung sind in der vorstehenden Beschreibung beschrieben worden. Die Erfindung ist nicht als auf die besonderen offenbarten Formen begrenzt anzusehen, da diese als vielmehr veranschaulichend denn als beschränkend anzusehen sind.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Regeln einer Temperatur eines Bauelements mit einem Wärme-Kontroller und einem mit dem Bauelement in leitendem Kontakt stehenden Wärmetauscher als Temperaturerzwingungssystem, wobei das Verfahren umfasst:

dass ein Parameter gemessen wird, der mit dem Energieverbrauch durch das Bauelement in Beziehung steht, und

dass der Wärmetauscher mit dem Wärme-Kontroller geregelt wird, indem der gemessene Parameter, der mit dem Energieverbrauch durch das Bauelement in Beziehung steht, verwendet wird, um die Temperatur des Bauelements zu regeln,

**dadurch gekennzeichnet,**

dass das Regeln der Einstellung der Temperatur des Wärmetauschers umfasst, dass eine erste Gleichung dazu verwendet wird, die Temperatur des Bauelements zu bestimmen, und wobei die erste Gleichung ist:

$$\text{die Temperatur des Bauelements} = K_{\theta\theta} \cdot P_{ed} + T_{fs},$$

wobei  $K_{\theta\theta}$  eine Konstante ist, die aus einem Wärmedurchgang zwischen dem Bauelement und dem Wärmetauscher abgeleitet wird,  $P_{ed}$  der Leistungsgebrauch des Bauelements ist,  $T_{fs}$  eine Temperatur an der Oberfläche zwischen dem Bauelement und dem Wärmetauscher ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Messen des Parameters, der mit dem Energieverbrauch durch das Bauelement in Beziehung steht, umfasst, dass mindestens ein Teilleistungsgebrauch des Bauelements überwacht wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Messen des Parameters, der mit dem Energieverbrauch

durch das Bauelement in Beziehung steht, umfasst, dass eine Stromversorgung überwacht wird, die dem Bauelement Leistung zuführt, und dass eine Spannung und ein Strom von der Stromversorgung gemessen werden.

4. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Messen des Parameters, der mit dem Energieverbrauch durch das Bauelement in Beziehung steht, umfasst, dass eine Änderung des momentanen Energieverbrauchs des Bauelements überwacht wird.

5. Verfahren nach Anspruch 2, wobei das Überwachen des zumindest einen Teilleistungsgebrauchs des Bauelements umfasst, dass ein vollständiger Leistungsgebrauch des Bauelements überwacht wird, und wobei der überwachte vollständige Leistungsgebrauch beim Regeln der Temperatur des Bauelements verwendet wird.

6. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Messen des Parameters, der mit dem Energieverbrauch durch das Bauelement in Beziehung steht, umfasst: dass ein Signal erzeugt wird, das einen ersten Stromgebrauch des Bauelements darstellt, dass ein Signal erzeugt wird, das eine erste Spannung darstellt, die dem ersten Stromgebrauch des Bauelements entspricht, und dass das Signal, das den ersten Stromgebrauch darstellt, mit dem Signal, das die erste Spannung darstellt, multipliziert wird, um ein Signal zu erzeugen, das einen ersten Leistungsgebrauch des Bauelements darstellt.

7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei das Messen des Parameters, der mit dem Energieverbrauch durch das Bauelement in Beziehung steht, ferner umfasst: dass ein Signal erzeugt wird, das einen zweiten Stromgebrauch des Bauelements darstellt, dass ein Signal erzeugt wird, das eine zweite Spannung darstellt, die dem zweiten Stromgebrauch des Bauelements entspricht, dass das Signal, das einen zweiten Stromgebrauch darstellt, mit dem Signal, das eine zweite Spannung darstellt, multipliziert wird, um ein Signal zu erzeugen, das einen zweiten Leistungsgebrauch des Bauelements darstellt, und dass das Signal, das einen ersten Leistungsgebrauch des Bauelements darstellt, zu dem Signal, das einen zweiten Leistungsgebrauch des Bauelements darstellt, addiert wird, um ein Signal zu erzeugen, das einen summierten Leistungsgebrauch des Bauelements darstellt.

8. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Regeln der Einstellung des Temperaturerzwingungssystems ferner umfasst, dass eine zweite Gleichung dazu verwendet wird, ein Signal zu erzeugen, das dazu ver-

wendet wird, das Temperaturerzwingungssystem zu regeln, und wobei die zweite Gleichung ist:

$$V_{\text{tcs}} = d(V_{\text{sp}} - ((V_{k-\theta} \cdot V_{\text{Ped}}) + (V_{\text{fsst}} - V_{\text{IRO}})/V_{\alpha})) / dt,$$

und wobei  $V_{\text{tcs}}$  das Signal ist, das dazu verwendet wird, das Temperaturerzwingungssystem zu regeln,  $V_{\text{sp}}$  eine Spannung ist, die eine Solltemperatur für das Bauelement darstellt,  $V_{k-\theta}$  eine Spannung ist, die den  $K_{\theta}$ -Wert darstellt,  $V_{\text{Ped}}$  eine Spannung ist, die den Leistungsgebrauch des Bauelements darstellt,  $V_{\text{fsst}}$  eine Spannung ist, die die Temperatur an der Oberfläche zwischen dem Bauelement und dem Wärmetauscher darstellt,  $V_{\text{IRO}}$  eine Spannung ist, die den Wert eines Produktes aus einem präzisen konstanten Strom und einem variablen Widerstand des Wärmetauscher ist, und  $V_{\alpha}$  eine Spannung ist, die eine Steigung einer Kurve des variablen Widerstands des Wärmetauschers über Temperatur darstellt.

9. Verfahren nach Anspruch 6, wobei das Messen des Parameters, der mit dem Energieverbrauch durch das Bauelement in Beziehung steht, ferner umfasst: dass das Signal verarbeitet wird, das den ersten Stromgebrauch des ersten Bauelements darstellt, dass das Signal verarbeitet wird, das die erste Spannung darstellt, die dem ersten Stromgebrauch des Bauelements entspricht, und wobei beide Signale verarbeitet werden, bevor sie miteinander multipliziert werden.

10. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Regeln der Einstellung des Temperaturerzwingungssystems umfasst, dass eine analoge Schaltung verwendet wird.

11. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Regeln der Einstellung des Temperaturerzwingungssystems umfasst, dass eine PID-Regelung durchgeführt wird.

12. Verfahren nach Anspruch 1, ferner umfassend, dass eine Temperatur des Temperaturerzwingungssystems auf der Grundlage der bestimmten Einstellung eingestellt wird, wobei das Messen des Parameters umfasst, dass ein Energieverbrauch des Bauelements überwacht wird, wobei der Energieverbrauch mit der Leistung in Beziehung steht, die dem Bauelement durch eine oder mehrere Stromversorgungen zugeführt wird.

13. Verfahren nach Anspruch 12, wobei das Einstellen der Temperatur das Temperaturerzwingungssystems umfasst, dass der überwachte Energieverbrauch des Bauelements mit der Temperatur des Temperaturerzwingungssystems gespiegelt wird.

14. Verfahren nach Anspruch 1, ferner umfassend:

dass ein Datensignal von einer programmierbaren Stromversorgung kontinuierlich zugeführt wird, wobei das Datensignal Echtzeitinformation über die Leistung enthält, die durch die programmierbare Stromversorgung dem Bauelement zugeführt wird, und dass das Datensignal von der programmierbaren Stromversorgung an einer Datenbeschaffungseinrichtung kontinuierlich empfangen wird.

15. Verfahren nach Anspruch 14, wobei das Datensignal ein analoges Signal ist, und das Verfahren ferner umfasst:

dass das kontinuierlich empfangene Datensignal verarbeitet wird, bevor es an der Datenbeschaffungseinrichtung empfangen wird, um ein Leistungssignal zu erzeugen, das die Leistung angibt, die durch das Bauelement verwendet wird,  
dass das Leistungssignal der Datenbeschaffungseinrichtung zugeführt wird,  
dass das Leistungssignal durch die Datenbeschaffungseinrichtung abgetastet wird, und  
dass das abgetastete Leistungssignal von der Datenbeschaffungseinrichtung einem Computer geliefert wird.

16. System zum Regeln einer Temperatur eines Bauelements, umfassend:

eine Messeinrichtung zum Messen eines Parameters, der mit dem Energieverbrauch durch das Bauelement in Beziehung steht,  
einen Wärmetauscher in leitendem Kontakt mit dem Bauelement, und  
einen Wärme-Kontroller zum Regeln des Wärmetauschers, indem der gemessene Parameter, der mit dem Energieverbrauch durch das Bauelement in Beziehung steht, verwendet wird, um die Temperatur des Bauelements zu regulieren,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
der Wärme-Kontroller zum Bestimmen einer Einstellung der Temperatur des Wärmetauschers eine Wärmeregelungsschaltung umfasst, die die folgende Gleichung zum Bestimmen der Temperatur des Bauelements benutzt:

$$\text{die Temperatur des Bauelements} = K_{\text{theta}} \cdot P_{\text{ed}} + T_{\text{fs}},$$

wobei  $K_{\text{theta}}$  eine Konstante ist, die aus einem Wärmedurchgangswiderstand zwischen dem Bauelement und dem Wärmetauscher abgeleitet wird,  $P_{\text{ed}}$  der Leistungsverbrauch des Bauelements ist,  $T_{\text{fs}}$  eine Temperatur an der Oberfläche zwischen dem Bauelement und dem Wärmetauscher ist.

17. System nach Anspruch 16, wobei die Messeinrichtung zum Messen eines Parameters, der mit dem Energieverbrauch durch das Bauelement in Beziehung steht, eine Überwachungseinrichtung zum Überwachen des Leistungsverbrauchs des Bauelements umfasst.

18. System nach Anspruch 17, wobei die Überwachungseinrichtung den vollständigen Leistungsverbrauch überwacht, und der Parameter, der mit dem Energieverbrauch durch das Bauelement in Beziehung steht, den vollständigen Leistungsverbrauch umfasst.

19. System nach Anspruch 16, wobei:

die Messeinrichtung umfasst:

mindestens eine Strommesseinrichtung zum Überwachen des dem Bauelement durch eine oder mehrere Stromversorgungen zugeführten Stromes,  
mindestens eine Spannungsmesseinrichtung zum Überwachen der dem Bauelement durch eine oder mehrere Stromversorgungen zugeführten Spannung, und  
eine Überwachungsschaltung, die an die mindestens eine Strommesseinrichtung und an die mindestens eine Spannungsmesseinrichtung gekoppelt ist, um ein Leistungsverbrauchssignal aus dem überwachten Strom und der überwachten Spannung zu erzeugen.

20. System nach Anspruch 16, ferner umfassend: eine programmierbare Stromversorgung zum Zuführen von Energie zu dem Bauelement, und zum Zuführen eines Datensignals, das Information über die Leistung enthält, die von dem Bauelement verwendet wird, und

eine Datenbeschaffungseinrichtung, die an die programmierbare Stromversorgung gekoppelt ist, um Daten über die Leistung zu beschaffen, die von dem Bauelement verwendet wird, indem das Datensignal von der programmierbaren Stromversorgung empfangen wird.

21. System nach Anspruch 20, das ferner eine Überwachungsschaltung umfasst, die zwischen der programmierbaren Stromversorgung und der Datenbeschaffungseinrichtung angeordnet ist, wobei die Überwachungsschaltung derart ausgebildet ist, dass sie das Datensignal von der programmierbaren Stromversorgung empfängt, und dass sie ein Leistungsverbrauchssignal der Datenbeschaffungseinrichtung zuführt, und wobei das Bauelement eine integrierte Schaltung ist.

22. System nach Anspruch 20, das ferner einen Computer umfasst, der kommunikativ an die Datenbeschaffungseinrichtung gekoppelt ist und ein digitales Speichermedium und eine Anzeigeeinrichtung aufweist, wobei der Computer derart ausgebildet ist, dass er ein digitales Leistungsverbrauchssignal von der Datenbeschaffungseinrichtung empfängt, um Information von dem digitalen Leistungsverbrauchssignal auf dem digitalen Speichermedium zu speichern, und um Information von dem digitalen Leistungsverbrauchssignal an der Anzeigeeinrichtung anzuzeigen.

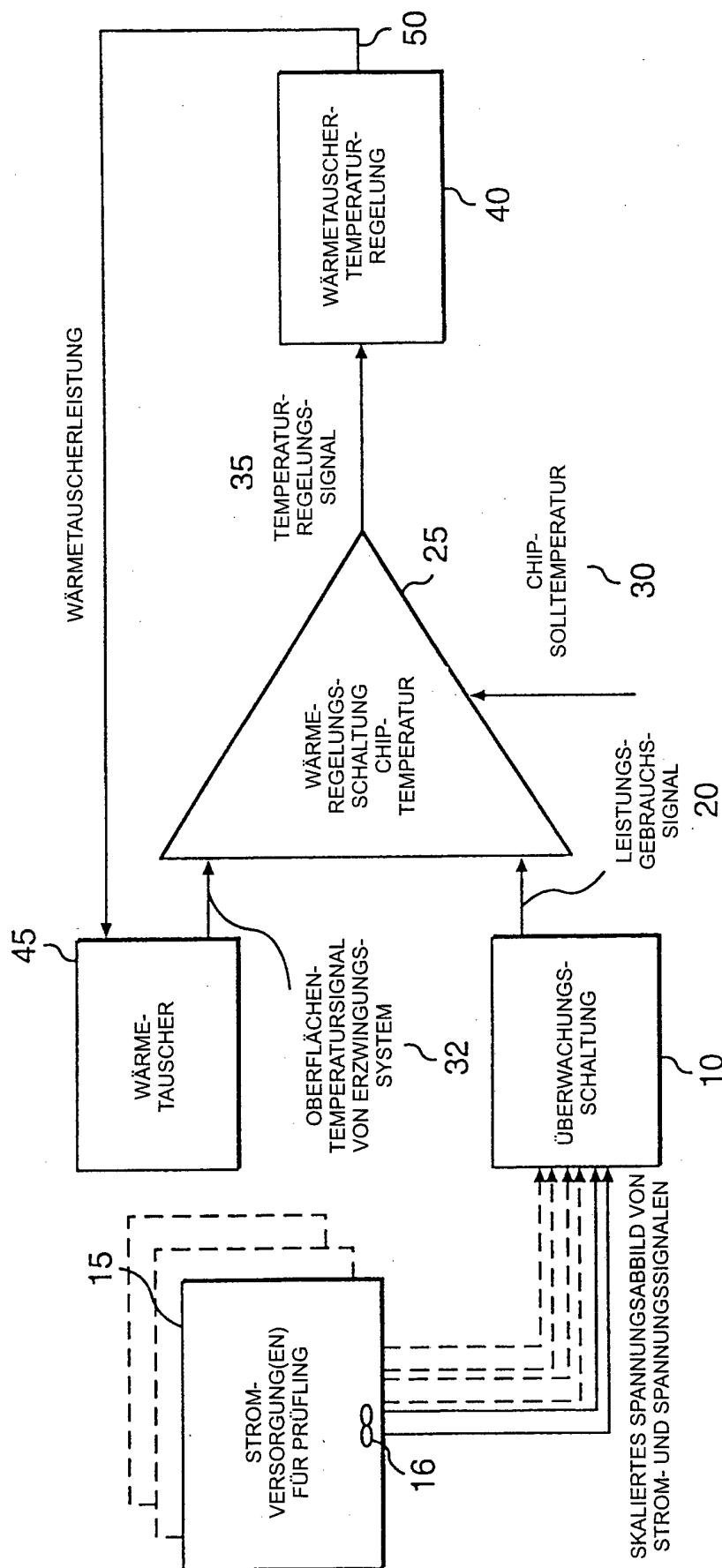
23. System nach Anspruch 16, ferner umfassend:

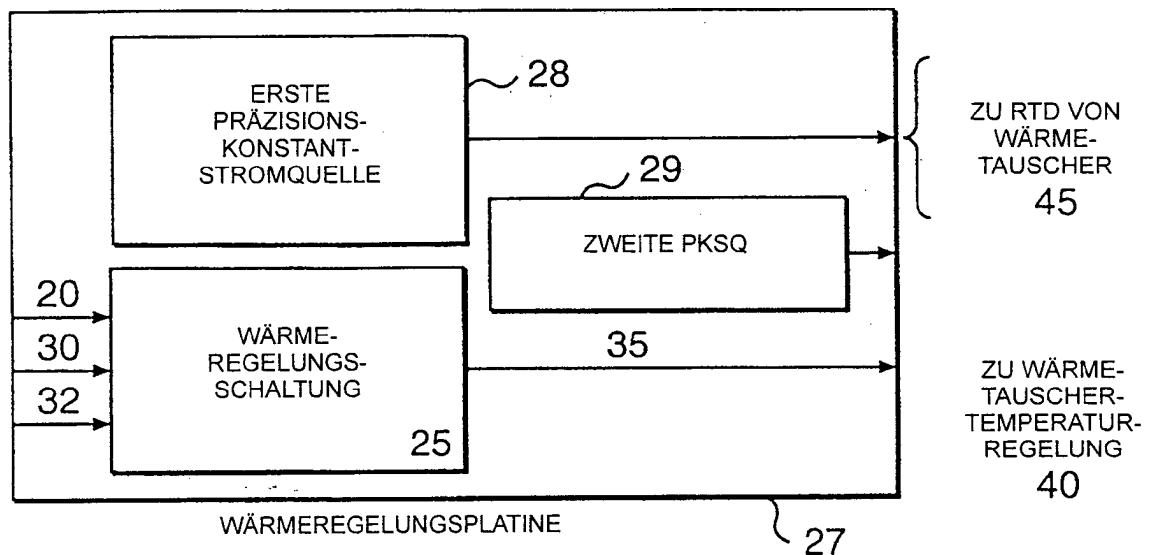
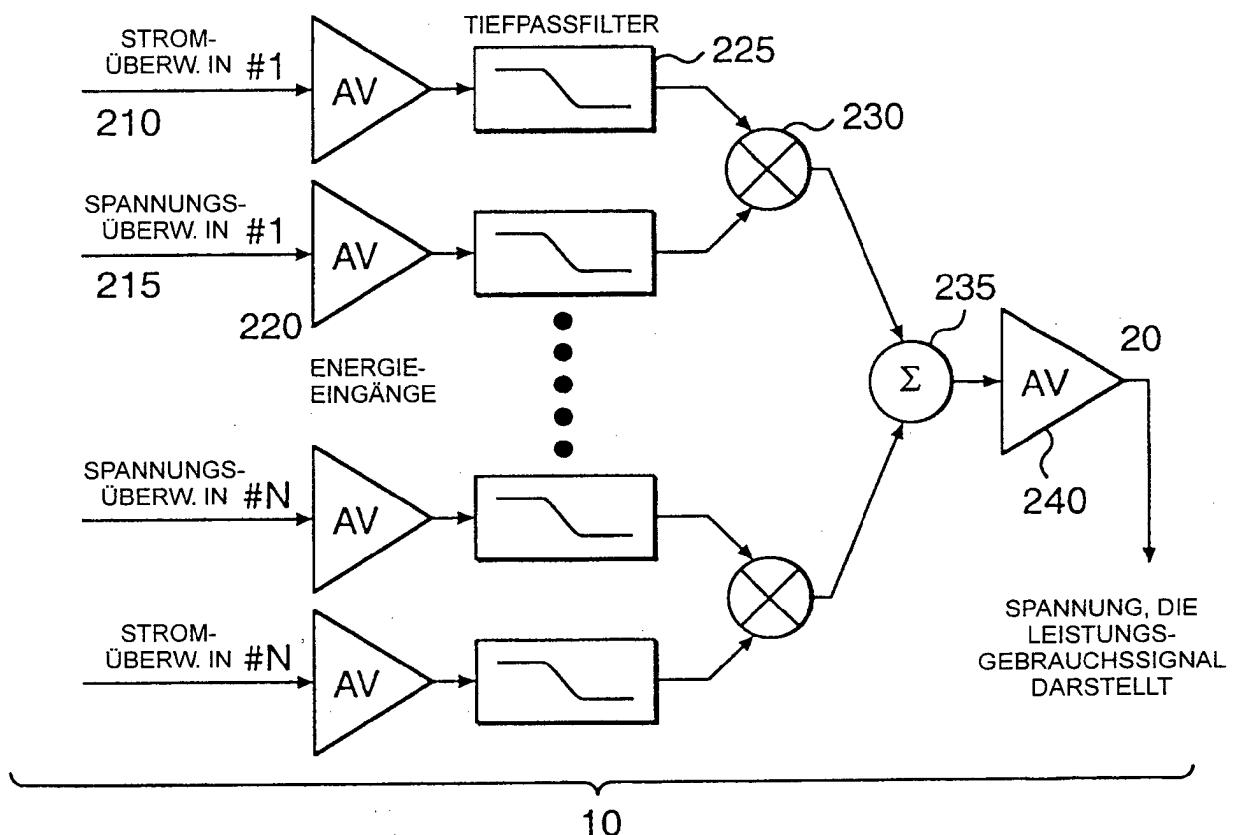
einen Prüfkopf zum Halten des Bauelements während des Prüfens, wobei der Prüfkopf ein Prüfen des Bauelements erlaubt, während das Bauelement in leitendem Kontakt mit dem Wärmetauscher steht, und die Einstellung des Wärmetauschers durch den Wärme-Kontroller bestimmt wird.

24. System nach Anspruch 23, wobei der Wärme-Kontroller derart ausgebildet ist, dass er den Wärmetauscher derart regelt, dass der Wärmetauscher das Bauelement während einer ersten Prüfung des Bauelements bei oder nahe bei einer ersten Temperatur hält und dann das Bauelement während einer zweiten Prüfung des Bauelements bei oder nahe bei einer zweiten Temperatur hält.

Es folgen 11 Blatt Zeichnungen

## Anhängende Zeichnungen

**FIG. 1A**

**FIG. 1B****FIG. 2**

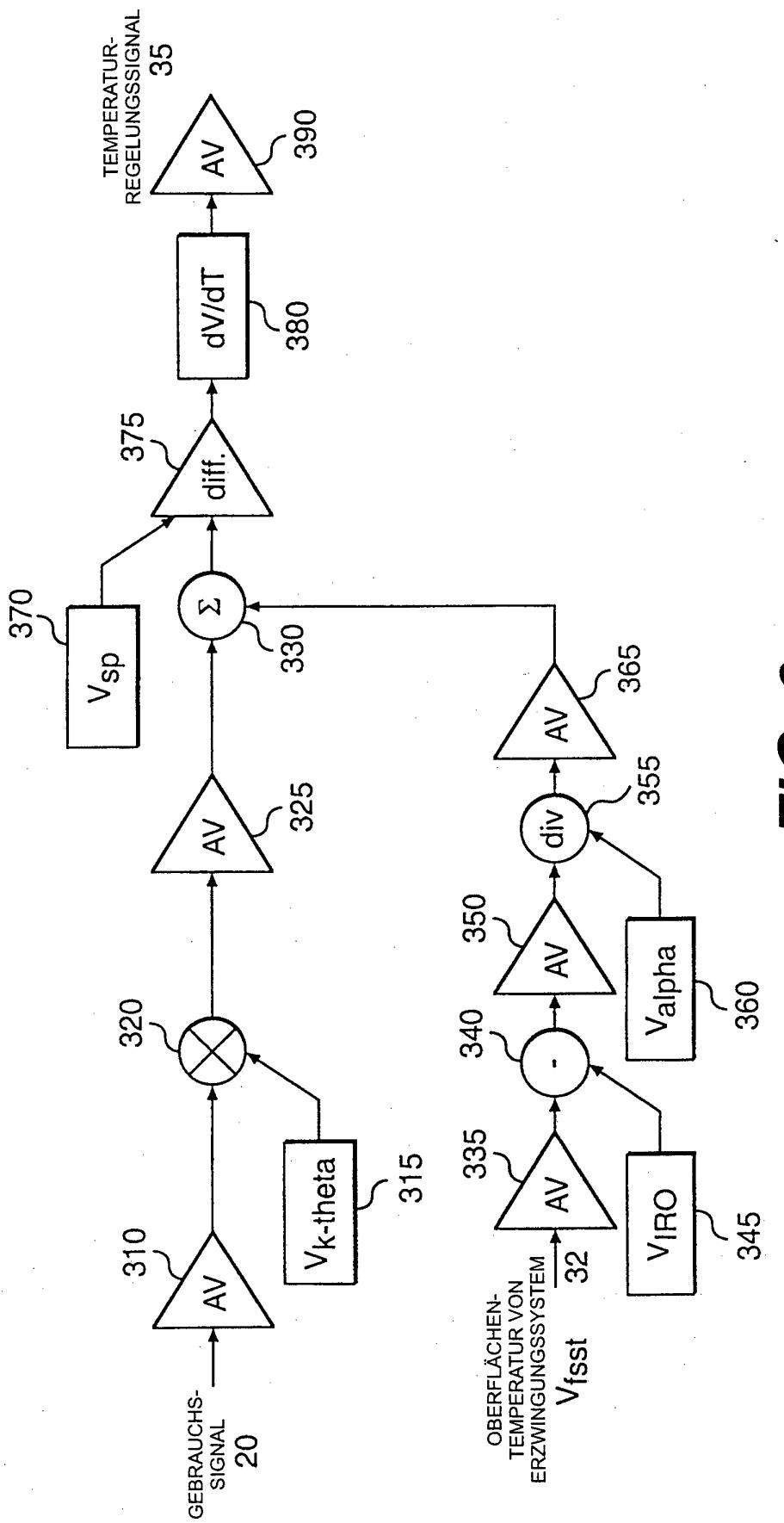
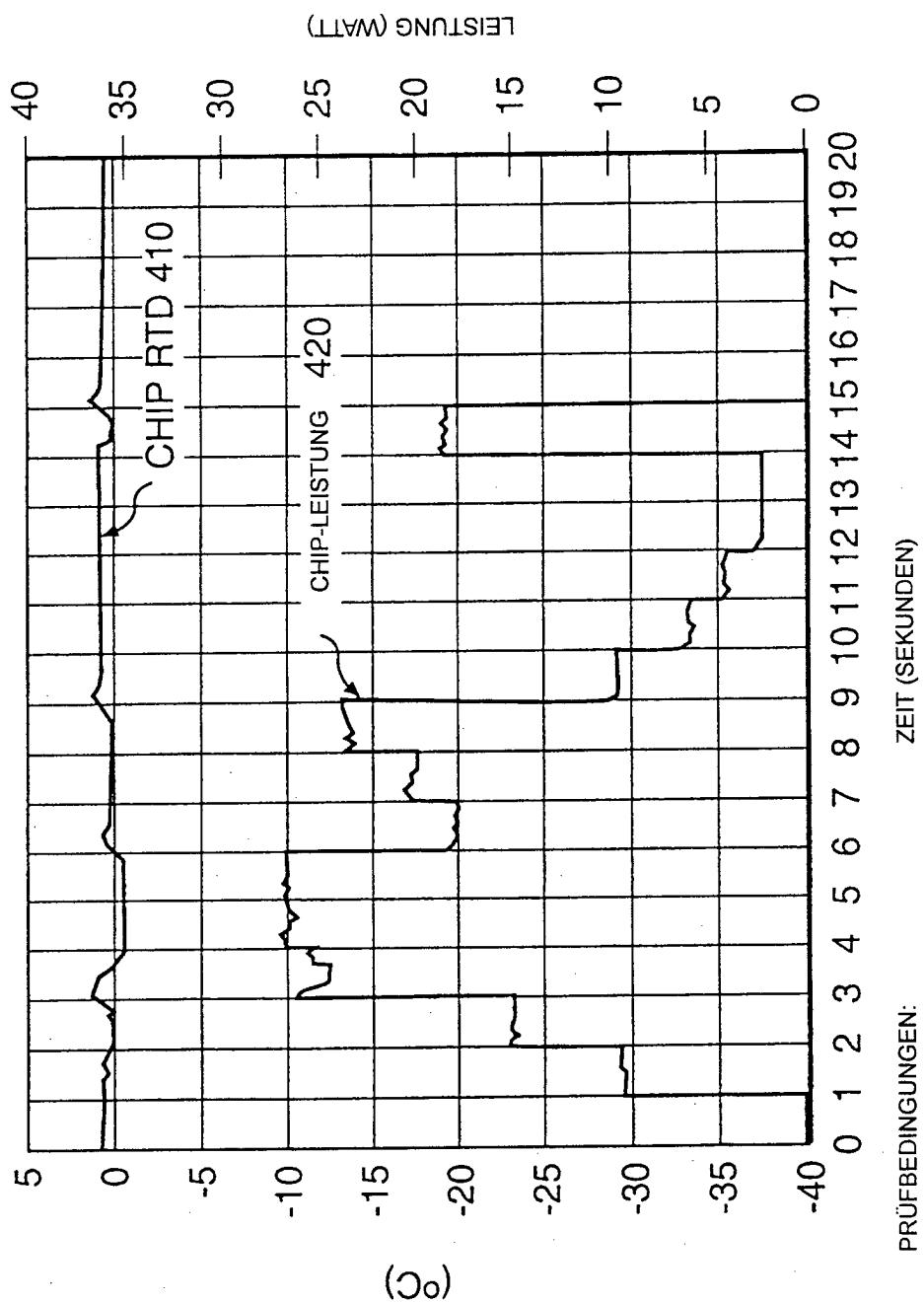


FIG. 3



PRÜFBEDINGUNGEN:  
ZEIT (SEKUNDEN)

- ZIEL-CHIP - WÄRMEPRÜFEINRICHTUNG MIT WIDERSTANDSHEIZUNG
- DIE UND EINGEBETTET. RTD, FLIP-CHIP MIT KUNSTSTOFFSUBSTRAT VERBUNDEN
- DIE-GRÖSSE 1,06 cm<sup>2</sup>
- THETA-D-H ~ 0,4°C/W

**FIG. 4**

## LEISTUNGSVERMÖGEN ZWANGSLUFTSYSTEM

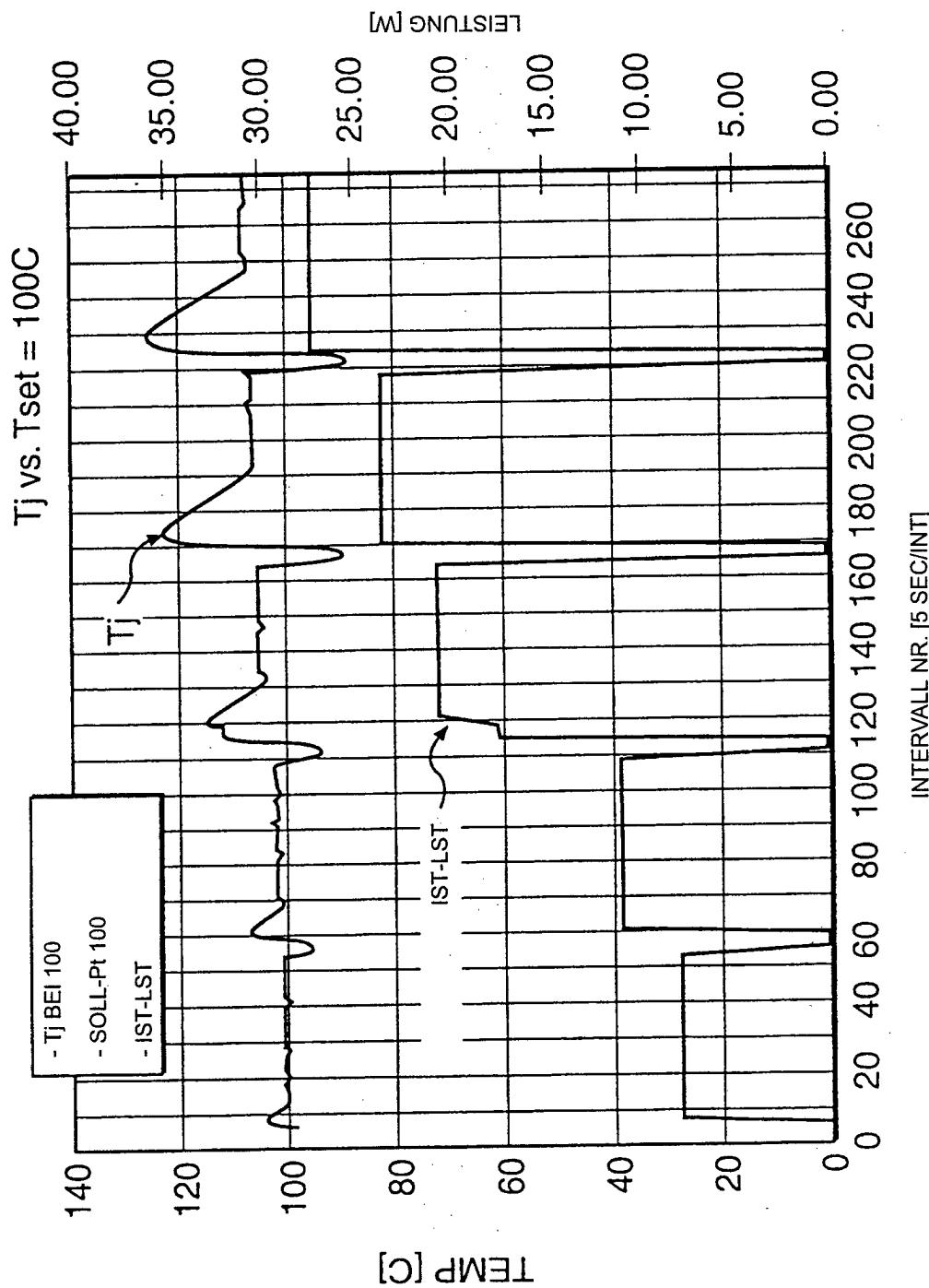


FIG. 5

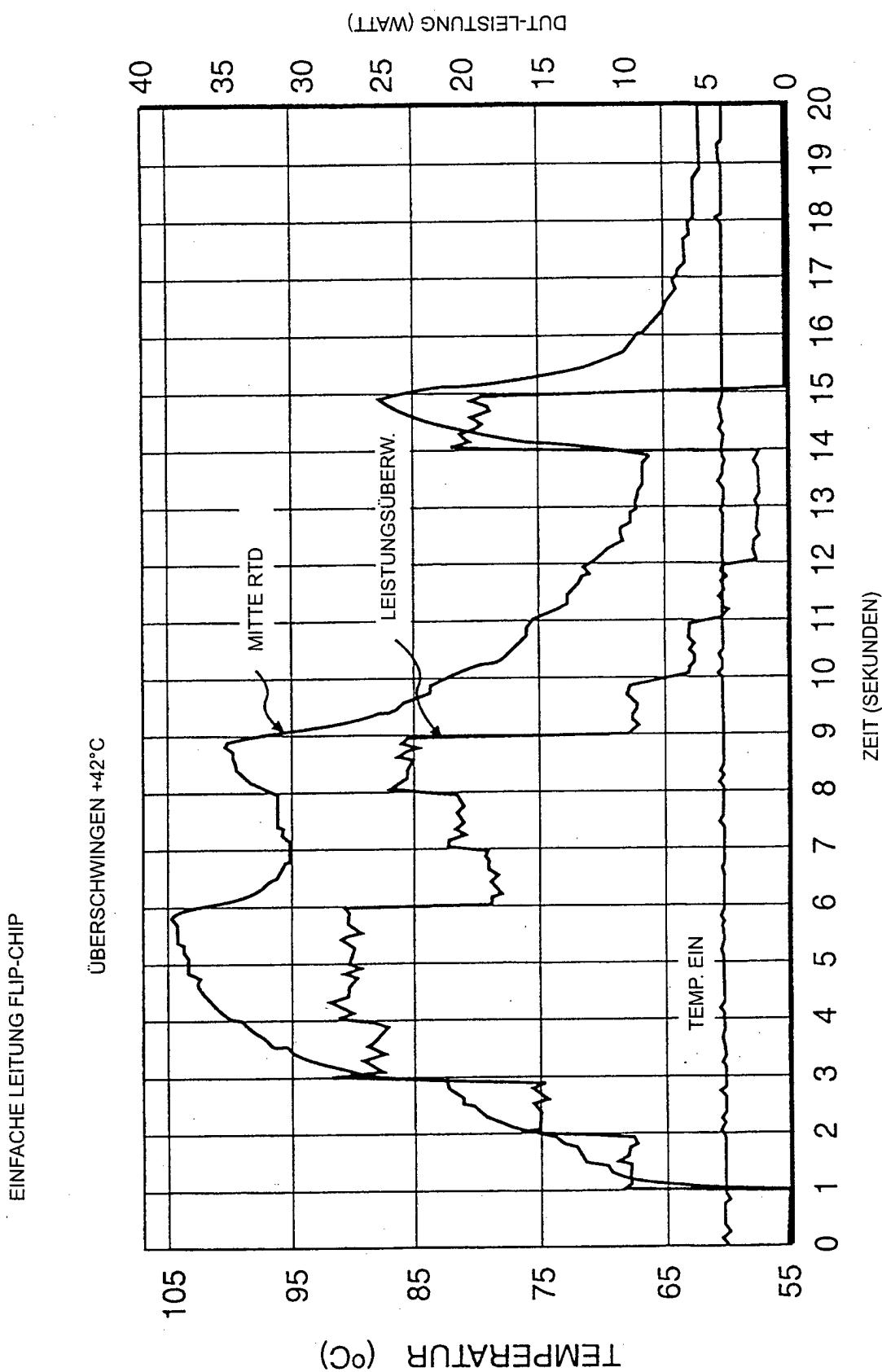


FIG. 6

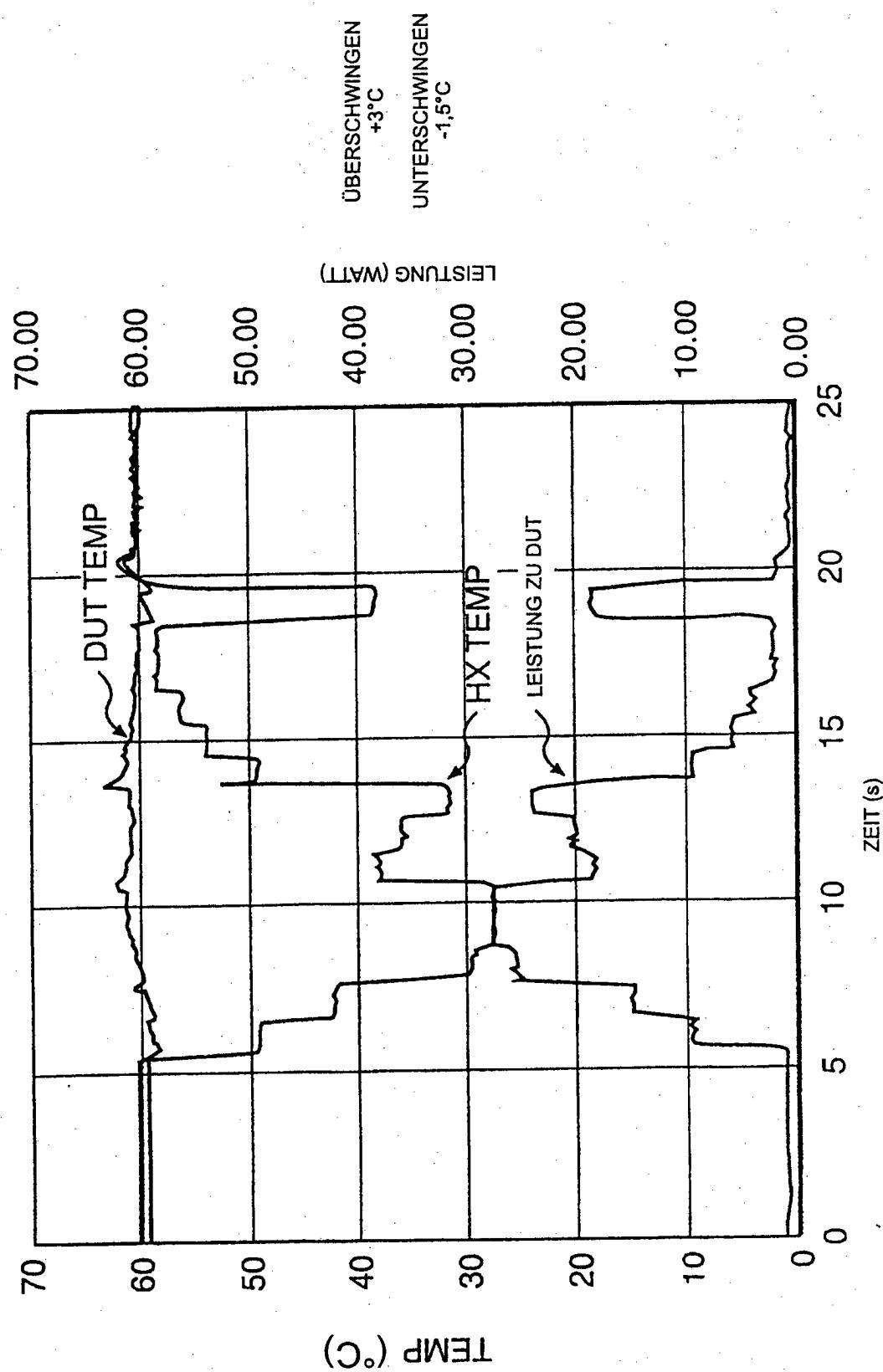
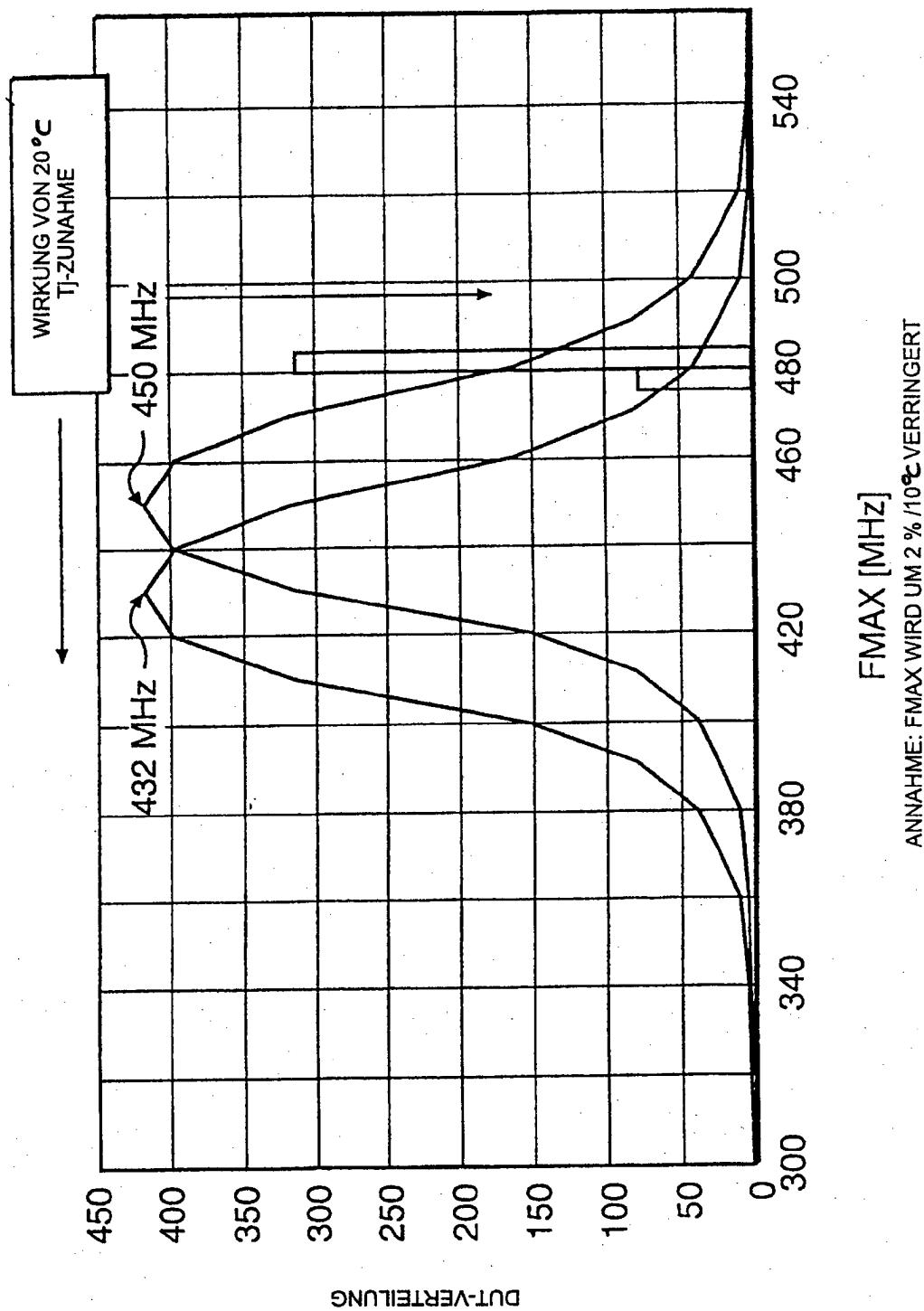


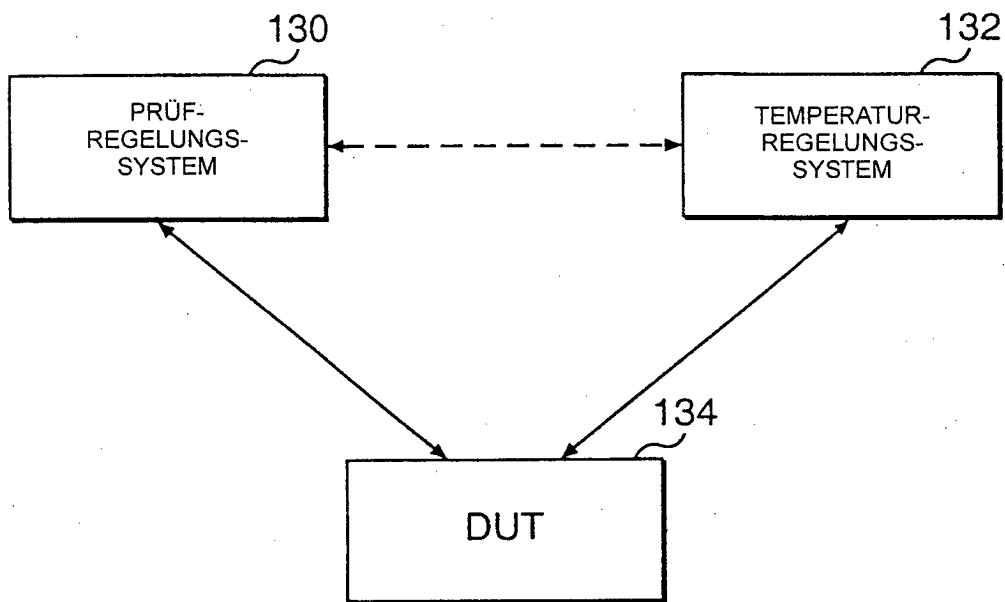
FIG. 7

## MODELL ZUR ABSCHÄTZUNG DES AUSBEUTEINFLUSSES

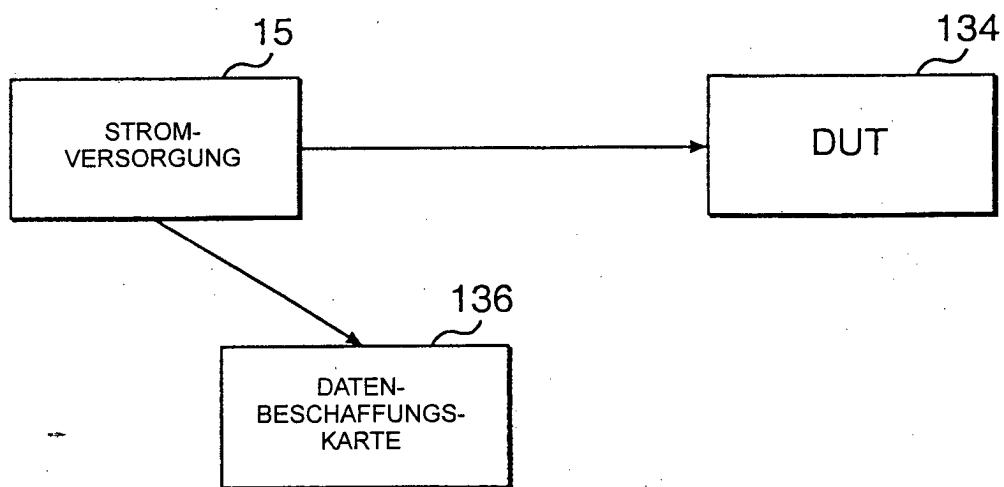


ANNAHME: FMAX WIRD UM 2 % /  $10^\circ\text{C}$  VERRINGERT

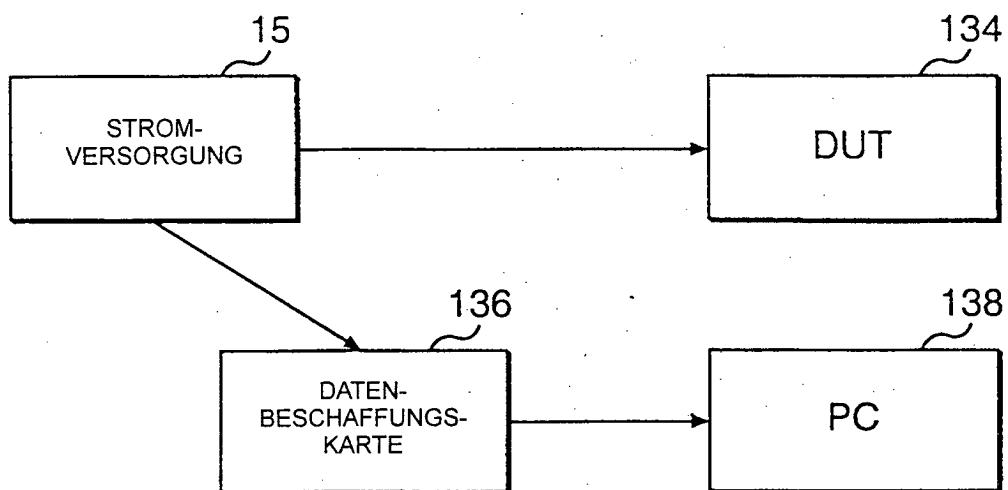
**FIG. 8**



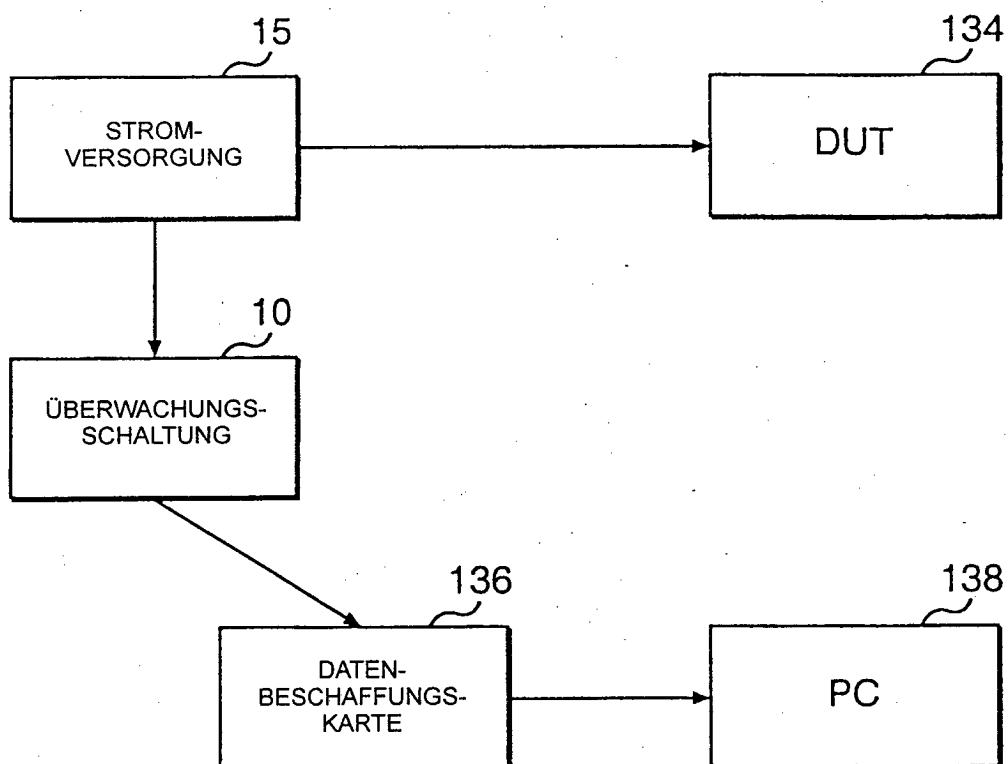
**FIG. 9**



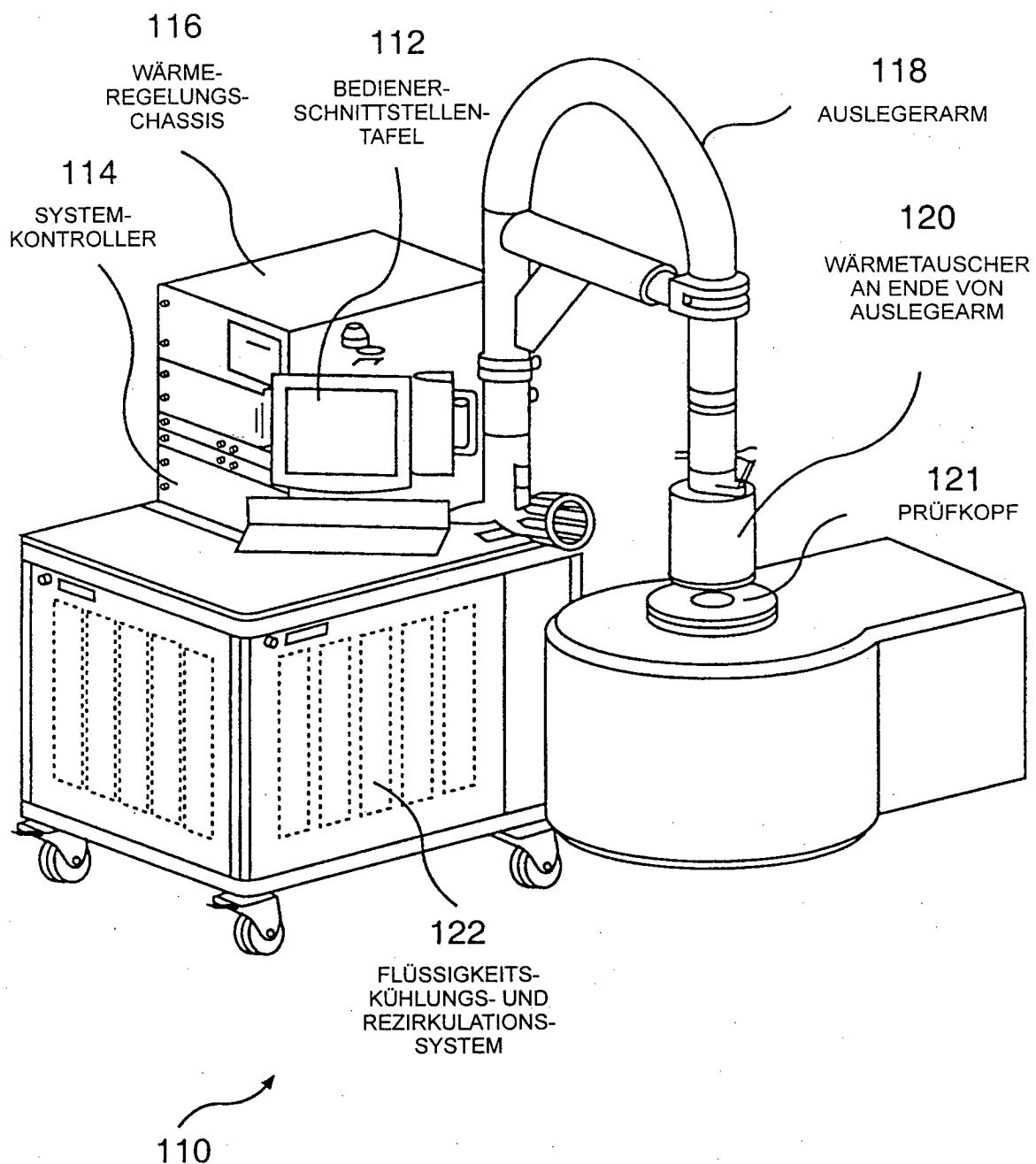
**FIG. 10A**



**FIG. 10B**



**FIG. 10C**



**FIG. 11**