



⑫

## EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

④⑤ Veröffentlichungstag der Patentschrift :  
**27.10.93 Patentblatt 93/43**

⑤① Int. Cl.<sup>5</sup> : **F25B 9/00**

②① Anmeldenummer : **91119585.7**

②② Anmeldetag : **16.11.91**

⑤④ **Regenerative Gaskältemaschine.**

③⑩ Priorität : **28.11.90 DE 4037826**

④③ Veröffentlichungstag der Anmeldung :  
**03.06.92 Patentblatt 92/23**

④⑤ Bekanntmachung des Hinweises auf die  
Patenterteilung :  
**27.10.93 Patentblatt 93/43**

⑥④ Benannte Vertragsstaaten :  
**DE FR GB NL**

⑤⑥ Entgegenhaltungen :  
**DE-A- 2 638 206**  
**GB-A- 2 133 031**  
**US-A- 3 074 244**  
**US-A- 3 885 939**

⑦③ Patentinhaber : **Licentia**  
**Patent-Verwaltungs-GmbH**  
**Theodor-Stern-Kai 1**  
**D-60596 Frankfurt (DE)**

⑦② Erfinder : **Lindl, Bruno, Dr.**  
**Jahnstrasse 7**  
**W-8752 Laufach (DE)**

⑦④ Vertreter : **Amersbach, Werner, Dipl.-Ing. et al**  
**Licentia Patent-Verwaltungs-GmbH**  
**Theodor-Stern-Kai 1**  
**D-60596 Frankfurt (DE)**

**EP 0 488 001 B1**

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

## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine regenerative Gaskältemaschine nach dem ersten Teil des Patentanspruchs 1. (Siehe z.B. Dokument US-A-3 074 244).

Regenerative Gaskältemaschinen werden zum Erzeugen kryogener Temperaturen eingesetzt. Sie arbeiten nach dem Prinzip von thermodynamischen Kreisprozessen. Das Arbeitsgas tauscht dabei in einem Regenerator zwischen den beiden Temperaturniveaus Wärme aus (FIG. 1). Parameter für die Kälteleistung und damit der maximal erreichbaren Endtemperatur sind die pro Kreisprozeß beteiligte Gasmasse und die Anzahl der durchlaufenden Kreisprozesse pro Zeiteinheit.

Um für gewisse Anwendungen eine möglichst konstante Endtemperatur mit einer solchen Gaskältemaschine erreichen zu können, ist bereits vorgeschlagen worden, durch elektrische Regelung der Eingangsleistung die Endtemperatur zu begrenzen. Diese Regelungsmöglichkeit ist verhältnismäßig aufwendig und stör anfällig.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine weitgehende Konstanthaltung der Endtemperatur bei eingangs genannten Gaskältemaschinen mit einfachen Mitteln zu ermöglichen.

Diese Aufgabe wird durch die im Kennzeichen des Patentanspruchs 1 angegebenen Merkmale gelöst. Die beschriebene Beimischung eines Regelgases bewirkt mit einfachsten Mitteln eine äußerst konstante Endtemperatur. Diese Endtemperatur entspricht weitgehend der Tripelpunkttemperatur im Zustandsdiagramm des Regelgases. Sie ist abhängig von der Wahl des Regelgases und dessen Partialdruckes, was bedeutet, daß sich durch geeignete Wahl der Arbeitsgasart und der der Regelgasart sowie dessen Partialdruckes in weiten Grenzen beliebig vorgegebene Endtemperaturen einstellen lassen. Die Endtemperatur wird gewissermaßen durch eine naturgegebene Konstante bestimmt.

Anhand der in den Figuren 1 bis 5 gezeigten Darstellungen wird die Erfindung nachfolgend näher erläutert.

Die FIG. 1 zeigt schematisch einen Leitungskreis einer Gaskältemaschine mit Kompressor 1, einem Wärme abgebenden Tauscher 2, einem Regenerator 3, einem Wärme aufnehmenden Tauscher 4 und einem Expander 5.

In FIG. 2 ist über der Temperaturachse Temp. der Gasdruck P aufgetragen. Im Zustandsdiagramm der drei Aggregatzustände des beschriebenen Regelgases ergibt sich der Tripelpunkt T bei einem Tripelpunkt druck  $P_T$  und einer Tripelpunkttemperatur  $T_T$ . Die Leistungscharakteristik einer Gaskältemaschine läßt sich sowohl im Diagramm Endtemperatur/Kälteleistung (FIG. 3) als auch an Abkühlkurven an definierter thermischer Last (FIG. 4) darstellen. In FIG. 3

ist die Endtemperatur T [K] gegen die Kälteleistung  $\dot{Q}$  und in FIG. 4 ist die Kühltemperatur T [K] über der Zeitachse t aufgetragen. Beide Darstellungen zeigen die Leistungscharakteristik einer Gaskältemaschine gefüllt mit: 1. reinem Arbeitsgas Helium (Kurve A), 2. zweikomponentigem Gas Helium und Stickstoff (Kurve B), 3. zweikomponentigem Gas Helium und Sauerstoff (Kurve C), 4. zweikomponentigem Gas Helium und Argon (Kurve D). Deutlich zu erkennen sind die konstanten Endtemperaturen, im Fall 2 (Kurve B)  $T = 54$  Kelvin, im Fall 3 (Kurve C)  $T = 63$  Kelvin und im Fall 4 (Kurve D)  $T = 84$  Kelvin im Vergleich zu Fall 1 (Kurve A)  $T = 39$  Kelvin.

Die Konstanz der Endtemperatur einer mit dem zweikomponentigen Gas Helium-Stickstoff gefüllten Gaskältemaschine über einen Zeitraum von 17 Stunden ist in FIG. 5 dargestellt. Die mittlere Endtemperatur und die Standardabweichung bei diesem Ausführungsbeispiel ist  $T = 63,77 \pm 0,11$  Kelvin.

## Patentansprüche

1. Regenerative Gaskältemaschine mit einem in einem Leitungskreis zirkulierenden Arbeitsgas, dadurch gekennzeichnet, daß dem Arbeitsgas eine weitere Gaskomponente als Regelgas mit definiertem Partialdruck zwecks Begrenzung der erzeugbaren Endtemperatur beigemischt ist.
2. Regenerative Gaskältemaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Endtemperatur durch die Wahl von Arbeitsgas und Regelgas sowie des Partialdruckes des Regelgases eingestellt ist.
3. Regenerative Gaskältemaschine nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß als Arbeitsgas Helium verwendet wird.
4. Regenerative Gaskältemaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß als Regelgas ein Gasgemisch verwendet ist.
5. Regenerative Gaskältemaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß als Regelgas Sauerstoff und/oder Stickstoff und/oder Argon verwendet ist.
6. Regenerative Gaskältemaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß als Regelgas ein Kohlenwasserstoff wie z.B. Propan verwendet ist.

## Claims

1. Regenerative gas refrigerator with a working gas

circulating in a conduit circuit, characterised thereby that a further gas component is admixed as regulating gas with defined partial pressure to the working gas for the purpose of limitation of the producible end temperature.

2. Regenerative gas refrigerator according to claim 1, characterised thereby that the end temperature is set by the selection of working gas and regulating gas as well as the partial pressure of the regulating gas. 10
3. Regenerative gas refrigerator according to claim 1 or claim 2, characterised thereby that helium is used as the working gas. 15
4. Regenerative gas refrigerator according to one of claims 1 to 3, characterised thereby that a gas mixture is used as the regulating gas. 20
5. Regenerative gas refrigerator according to one of claims 1 to 3, characterised thereby that oxygen and/or nitrogen and/or argon is used as the regulating gas. 25
6. Regenerative gas refrigerator according to one of claims 1 to 3, characterised thereby that a hydrocarbon such as, for example, propane is used as the regulating gas. 30

## Revendications

1. Machine frigorifique à gaz régénératrice contenant un gaz de travail qui circule dans un circuit de conduites, caractérisée en ce que le gaz de travail est additionné d'un autre constituant gazeux sous forme de gaz de réglage à pression partielle définie pour limiter la température finale qui peut être obtenue. 35 40
2. Machine frigorifique à gaz régénératrice selon la revendication 1, caractérisée en ce que la température finale est déterminée par le choix du gaz de travail et du gaz de réglage ainsi que de la pression partielle du gaz de réglage. 45
3. Machine frigorifique à gaz régénératrice selon la revendication 1 ou la revendication 2, caractérisée en ce que l'on utilise l'hélium comme gaz de travail. 50
4. Machine frigorifique à gaz régénératrice selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que l'on utilise un mélange gazeux comme gaz de réglage. 55
5. Machine frigorifique à gaz régénératrice selon

l'une des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que l'on utilise comme gaz de réglage l'oxygène et/ou l'azote et/ou l'argon.

6. Machine frigorifique à gaz régénératrice selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que l'on utilise comme gaz de réglage un hydrocarbure tel que le propane par exemple.

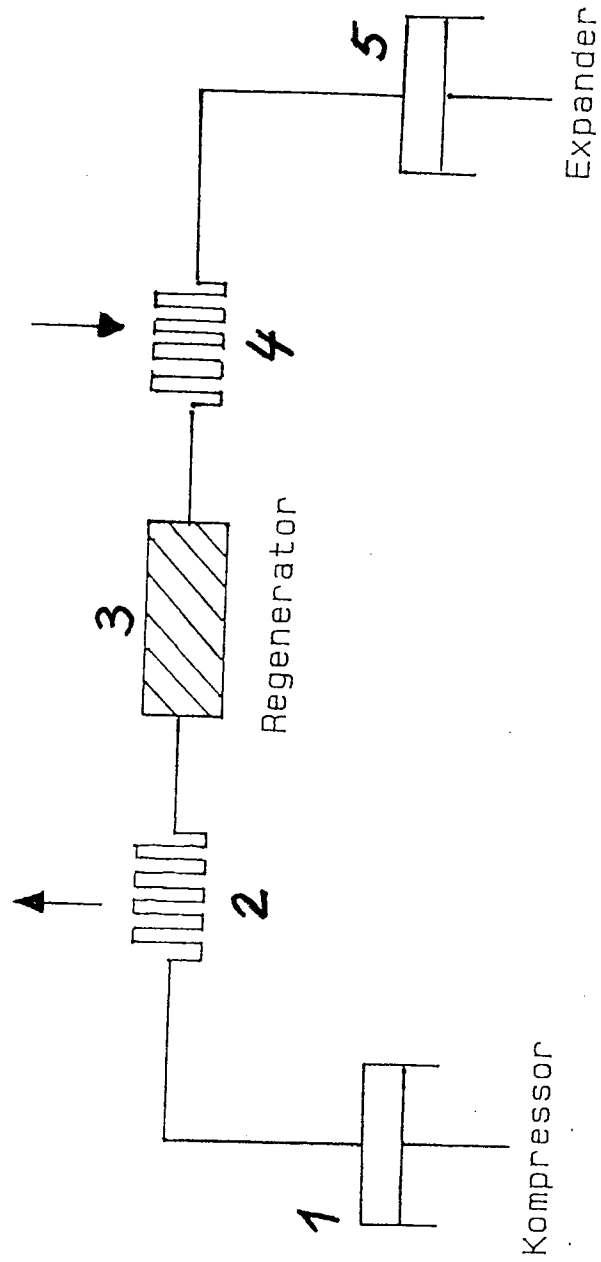


FIG. 1

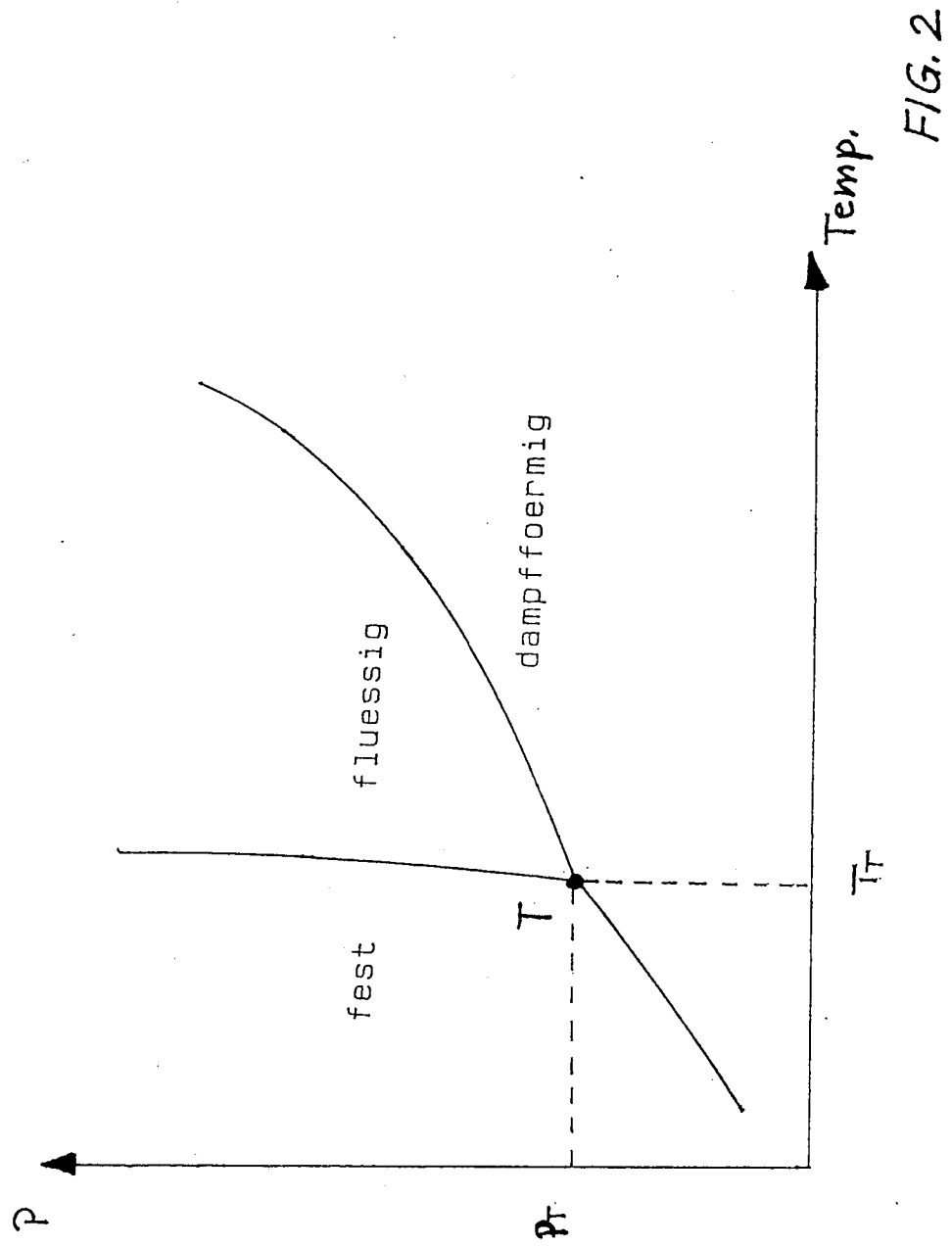
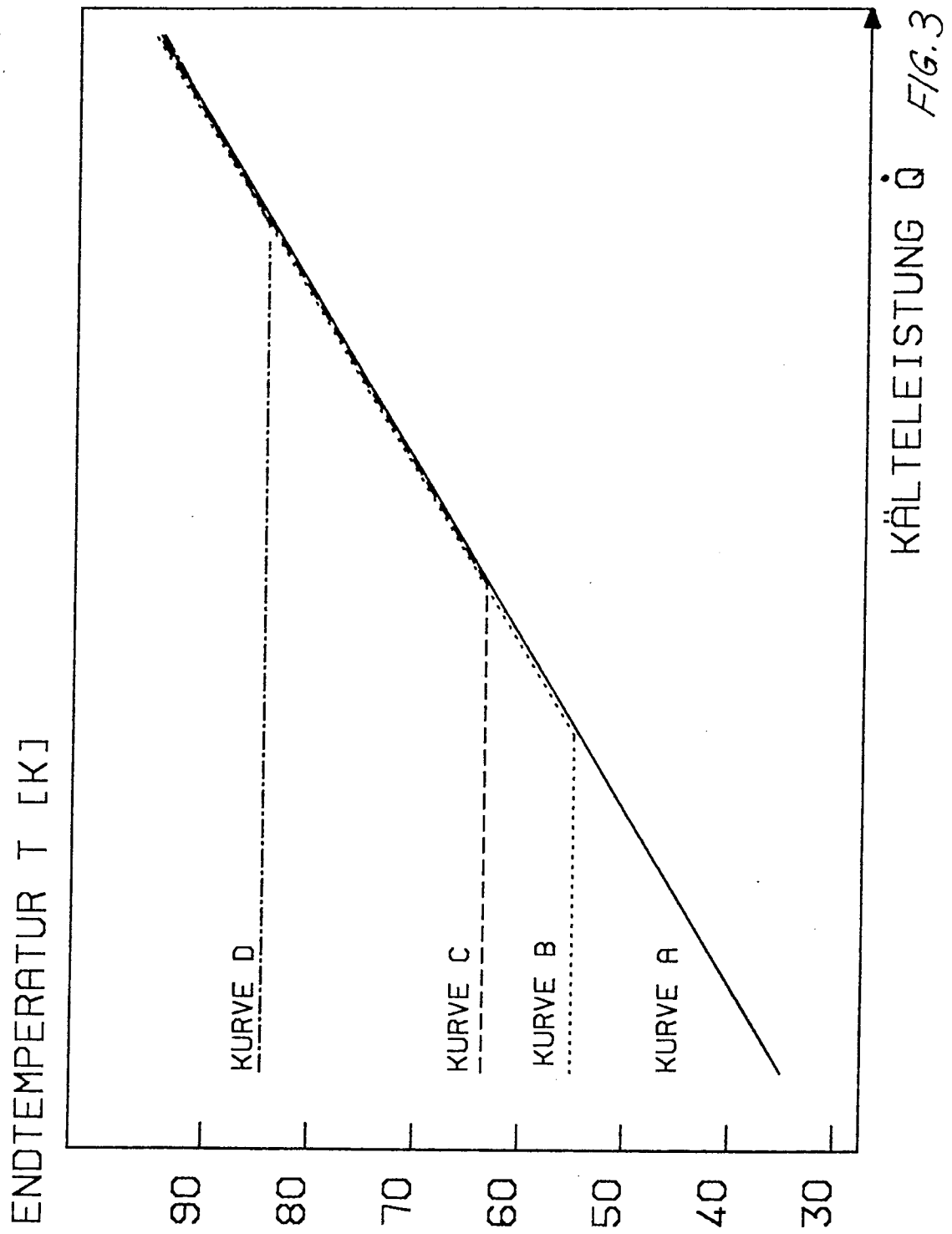


FIG. 2



ENDTEMPERATUR T [K]

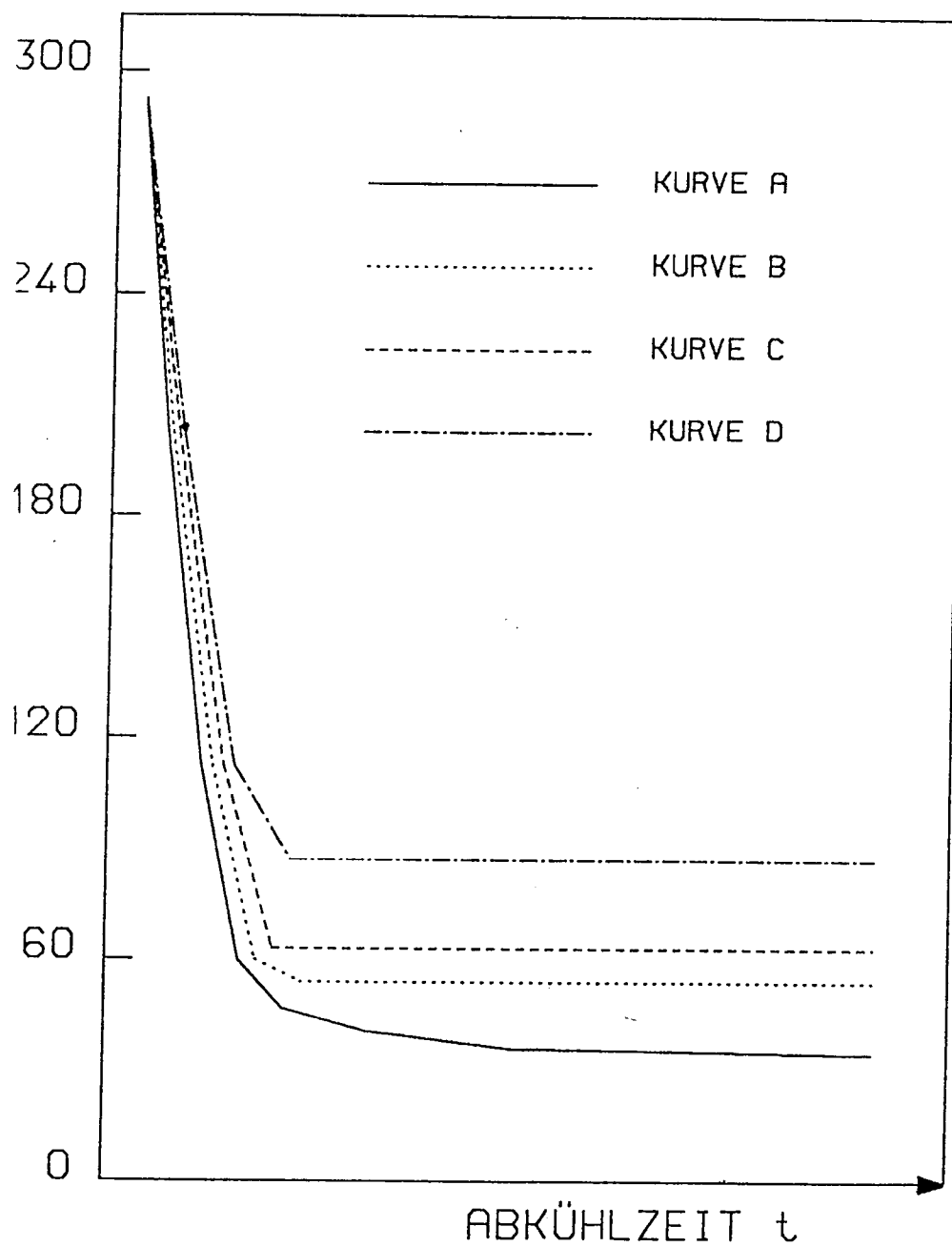


FIG. 4

