



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 09 770 T2 2004.01.29**

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 073 505 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 09 770.3**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/GB99/00560**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 906 352.2**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 99/043405**

(86) PCT-Anmeldetag: **23.02.1999**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **02.09.1999**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **07.02.2001**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **23.07.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **29.01.2004**

(51) Int Cl.⁷: **B01D 3/08**

**B01D 3/10, B01D 1/00, G01N 30/12,
B01D 3/42**

(30) Unionspriorität:

9803684 24.02.1998 GB

(73) Patentinhaber:

Genevac Ltd., Ipswich, Suffolk, GB

(74) Vertreter:

Loesenbeck und Kollegen, 33613 Bielefeld

(84) Benannte Vertragsstaaten:

CH, DE, FR, LI

(72) Erfinder:

**COLE, Michael, Friston. Saxmundham IP17 1NH,
GB**

(54) Bezeichnung: **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR TEMPERATURBESTIMMUNG UND ÜBERWACHUNG
VON VERDAMPFUNG VON FLÜSSIGKEITSPROBEN**

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

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

Beschreibung**Zusammenfassung der Erfindung****Gebiet der Erfindung**

[0001] Diese Erfindung betrifft die Verdampfung von Proben, die Feststoffe enthalten, die in einer Flüssigkeit in einem Vakuum gelöst oder suspendiert sind, sowie verbesserte Verfahren zum Bestimmen und Regeln der Temperatur solcher Proben, während diese verdampfen. Sie ist insbesondere für das Beobachten von Proben in Zentrifugalverdampfern und für die Steuerung dieser Zentrifugalverdampfer anwendbar.

Hintergrund der Erfindung

[0002] Bei Zentrifugalverdampfern werden Proben üblicherweise in Glas- oder Kunststoffröhrchen oder manchmal in einer großen Zahl von kleinen Behältern in Kunststoffblöcken gehalten. Die Probenhalter werden rotiert, so dass eine beträchtliche Zentrifugalkraft auf sie ausgeübt wird, in einer Richtung, die die Flüssigkeit in den unteren Teil der Probenröhrchen zwingt, um ein mögliches Aufschäumen oder Spritzen der Flüssigkeit aus den Probenröhrchen zu verhindern, wenn ein Vakuum aufgebracht wird. Die rotierenden Proben werden in einer vakuumdichten Kammer (im Folgenden als „Kammer“ bezeichnet) gehalten, die mit einer Vakuumpumpenvorrichtung verbunden ist.

[0003] Verdampfer dieses Typs sind bekannt, und viele Typen sind im Handel erhältlich. Sie alle haben den Nachteil, dass sie die gebundene Verdampfungswärme an die Proben abgeben müssen, um eine Verdampfung bei relativ hoher Geschwindigkeit zu erlauben, ohne dass die Proben Temperaturen erreichen, die die Proben, die oft wärmeunbeständig sind, beschädigen oder zerstören könnten.

[0004] Keine Wärme kann durch Leitung abgegeben werden, da die Proben in einem Vakuum gehalten werden, aber Mikrowellen oder Strahlungswärme von einer Hochtemperaturquelle (500°–3000°C) können verwendet werden, um die für die Verdampfung nötige Wärme zu erzeugen. Strahlung von einer Niedertemperaturquelle, z. B. den Kammerwänden mit 40°C, wird häufig verwendet, kann aber keine ausreichende Wärme für eine schnelle Verdampfung erzeugen, außer bei kleinen Proben von hochgradig flüchtigen Lösungsmitteln. Die Verwendung von Strahlungswärme und Mikrowellen ist bekannt. Mikrowellen können bei einigen Proben Beschädigungen verursachen, und bei den bekannten Ausführungsformen, die Strahlungswärme verwenden, wurde die Wärme auf eine Art aufgebracht, bei der Proben nicht einheitlich erwärmt werden, so dass einige Proben trocken sein können, während andere noch flüssig sind. Dies verursacht eine Überhitzung der trockenen Proben, wenn die Wärme lange genug aufrecht erhalten wird, bis die letzten Proben trocken sind.

[0005] Gemäß einem Aspekt der Erfindung ist bei einem Verfahren zum Verdampfen von Flüssigkeitsproben, die in wenigstens einigen von mehreren einzelnen Probengefäßen enthalten sind, welche innerhalb einer Kammer befestigt sind und während des Verdampfungsverfahrens rotiert werden, so dass eine Zentrifugalkraft auf die während des Verdampfungsvorgangs darin enthaltene Flüssigkeit einwirkt, und wobei den Probenhaltern Wärme zugeführt wird, um die Flüssigkeit darin zu erwärmen, während auf an sich bekannte Art in der Kammer ein Druck gehalten wird, der unter dem atmosphärischen Druck liegt, eine Temperaturmessvorrichtung in oder an wenigstens einem der Probenhalter angeordnet, um die Temperatur darin wenigstens während des Verdampfungsvorgangs zu messen, und ein elektrisches Datensignal zu erzeugen, das proportional zu der gemessenen Temperatur ist, und das Temperatur-Datensignal wird über einen Signalpfad an eine elektronische Datensignal-Verarbeitungseinrichtung übertragen.

[0006] Typischerweise ist die Signalverarbeitungseinrichtung am Drehpunkt der mehreren Probenhalter angeordnet.

[0007] Praktischerweise wandelt die Verarbeitungseinrichtung die Ausgabe der Messvorrichtung in eine für eine Übertragung an einen externen Empfänger geeignete Form um.

[0008] Die Verarbeitungseinrichtung kann die Ausgabesignale der Messvorrichtung in digitale oder analoge Signale umwandeln, durch die ein Trägersignal moduliert wird, um die Übertragung zu bewirken.

[0009] Praktischerweise ist das übertragene Signal ein Funksignal. Dieses kann beispielsweise durch eine Antenne an einen außerhalb des Gehäuses angeordneten Empfänger übertragen werden, wobei die Antenne außerhalb des Gehäuses angeordnet ist und durch einen Leiter mit der Signalverarbeitungseinrichtung verbunden ist, wobei der Leiter über eine isolierende Abdichtung, die als Durchleitung dient, durch die Gehäusewand verläuft.

[0010] Wo die Kammerwand Funksignale nicht ohne Weiteres überträgt oder wesentlich abschwächt, können die Funksignale von der Signalverarbeitungseinrichtung von einem stationären Funkempfänger empfangen werden, der innerhalb der Kammer angeordnet ist, und können entweder als Funksignale oder nach der Demodulation als Datensignale, die die Temperatur der Messvorrichtung anzeigen, über einen Leitungsweg, der sich abdichtend durch die Kammerwand erstreckt und von dieser isoliert ist, übertragen werden. Typischerweise werden die Signale durch die Kammerwand als Funksignale übertragen, um demoduliert zu werden und außerhalb der Kammer die Datensignale zu erzeugen.

[0011] Das Trägersignal kann ein Lichtstrahl sein, und die Modulation besteht darin, dass die Intensität des Strahls moduliert wird. In diesem Fall können die

Lichtsignale durch ein Fenster übertragen werden, das lichtdurchlässig ist und einteilig mit der Gehäusewand ausgebildet ist, um zu ermöglichen, dass der modulierte Lichtstrahl auf eine stationäre lichtempfindliche Vorrichtung trifft, die außerhalb des Gehäuses angeordnet ist und dafür vorgesehen ist, die empfangenen Lichtsignale in Datensignale umzuwandeln, die die Temperatur der Messvorrichtung anzeigen.

[0012] Unabhängig von der Form, die das Trägersignal und das Übertragungssystem annehmen, kann das Datensignal verwendet werden, um eine Anzeigeeinrichtung zu betreiben, die so eingestellt ist, dass sie die Temperatur der Probe anzeigt.

[0013] Ebenso kann das Datensignal verwendet werden, um die Wärmequelle zu regeln, die die Probenhalter in der Kammer erwärmt.

[0014] Der Strom für die Verarbeitungseinrichtung kann aus einer Batterie gewonnen werden, die innerhalb eines Gehäuses angeordnet ist, innerhalb dessen auch die Verarbeitungseinrichtung angeordnet ist. Die Batterie kann mit der Verarbeitungseinrichtung verbunden sein, indem ein bewegungsempfindlicher Schalter geschlossen wird, der sich schließt, wenn die Kammer dreht, und wird von ihr getrennt, indem der Schalter geöffnet wird, wenn die Kammer zu drehen aufhört.

[0015] Alternativ kann der Strom für die Verarbeitungseinrichtung von einer außerhalb des Gehäuses angeordneten Quelle an einen innerhalb des Gehäuses angeordneten Rezeptor geleitet werden, der mit der Verarbeitungseinrichtung verbunden ist.

[0016] Bei einer weiteren alternativen Anordnung kann der Strom für die Verarbeitungseinrichtung dieser von einer externen Stromquelle durch eine rotierende elektrische Verbindung zugeführt werden. Eine solche Verbindung kann Schleifringe und leitende Elemente, die mit diesen in Kontakt sind, aufweisen.

[0017] Vorzugsweise ist jede mögliche rotierende elektrische Verbindung von Dämpfen in der Kammer getrennt, indem sie außerhalb der Kammer oder innerhalb des Gehäuses der Signalverarbeitungseinrichtung angeordnet ist, wobei Abdichtungen um Leiter vorgesehen sind, die zwischen der Signalverarbeitungseinrichtung und der externen elektrischen Verbindung verlaufen, wo die Leiter durch die Wand der Kammer oder des Gehäuses laufen.

[0018] Typischerweise erstreckt sich wenigstens einer der Leiter, der zwischen der Verarbeitungseinrichtung und einer externen rotierenden elektrischen Verbindung verläuft, durch das hohle Innere einer Antriebswelle, die sich selbst durch eine Abdichtung in der Kammerwand erstreckt und dazu dient, sowohl die Probenhalter als auch das Gehäuse innerhalb der Kammer zu drehen.

[0019] Die Antriebswelle kann selbst elektrisch leitfähig sein und dient als einer der Leitungswege für den Strom zu der Signalverarbeitungseinrichtung.

[0020] Vorzugsweise ist das Material, aus dem das Gehäuse besteht, nicht leitfähig und inert gegenüber

den Dämpfen, die während des Verdampfungsvorgangs abgegeben werden.

[0021] Ein bevorzugtes Material für das Gehäuse ist Polypropylen.

[0022] Bei einer weiteren Anordnung, die die Stromversorgung der Signalverarbeitungsvorrichtung in dem Gehäuse betrifft, wird der Strom hierfür in einer Wicklung erzeugt, die mit dem Gehäuse bezüglich eines stationären magnetischen Flusses dreht.

[0023] Die Wicklung in oder auf dem Gehäuse kann auf weichem magnetischem Material gewickelt sein, wie es verwendet wird, um Transformatorschichten herzustellen. Sie kann auf einer zentralen Spindel montiert sein, die den Probenhalter in der Kammer dreht.

[0024] Typischerweise wird der magnetische Fluss von wenigstens einem Dauermagneten erzeugt, der während jeder Drehung des Probenhalters in unmittelbarer Nähe der Wicklung kommt und entweder innerhalb der Kammer angeordnet ist, wobei die Wicklung in, auf, oder nah an dem Gehäuse angeordnet ist oder außerhalb der Kammer angeordnet ist, wobei die Wicklung um das Innere der Kammer nah an deren Wand rotiert wird.

[0025] Die Messvorrichtung kann von einem undurchlässigen Inertmaterial umhüllt sein, so dass sie die Probe nicht kontaminiert wird und keine Korrosion erleidet, und kann beispielsweise ein Thermoelement aufweisen.

[0026] Die Probenhalter werden typischerweise mit einer Geschwindigkeit von 500–3000 Umdrehungen pro Minute rotiert, abhängig von der g-Kraft, die auf die Probe ausgeübt werden soll, und dem Radius, mit dem die Proben rotiert werden.

[0027] Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung weist der Zentrifugal-Verdampfer Folgendes auf: Eine Vakuumkammer, mehrere Probenhalter, die zur Verdampfung vorgesehene Flüssigkeitsproben enthalten, die darin für eine Rotation um eine insgesamt senkrechte Achse angeordnet sind, eine Erwärmungseinrichtung zum Erwärmen der Probenhalter und damit der darin enthaltenen Flüssigkeitsproben, eine temperaturempfindliche Sensoreinrichtung, die in oder an wenigstens einem der Probenhalter angeordnet ist, eine Signalfadeinrichtung zum Übertragen von elektrischen Signalen von der Sensoreinrichtung an eine innerhalb der Kammer angeordnete Signalverarbeitungseinrichtung, eine Übertragungsvorrichtung, ebenfalls innerhalb der Kammer, zum Übertragen von Signalen an einen Empfänger außerhalb der Kammer, wobei die Signale von der Signalverarbeitungseinrichtung verwendet werden, um die übertragenen Signale zu modulieren, so dass, wenn diese von dem Fernempfänger dekodiert werden, Letzterer ein Signal aussendet, das Informationen über die Temperatur des Sensors enthält.

[0028] Typischerweise überträgt die Übertragungsvorrichtung Funksignale, für deren Empfang der Empfänger eingestellt ist.

[0029] Die Signalverarbeitungseinrichtung ist vor-

zugsweise in einem leckdichten Gehäuse untergebracht, um die elektronischen Bauteile, die die Verarbeitungseinrichtung bilden, vor Druckschwankungen und vor den Dämpfen, die durch die Verdampfung in der Kammer entstehen, zu schützen.

[0030] Die Vorrichtung kann eine Anzeigeeinrichtung aufweisen, die so eingestellt ist, dass sie die Temperatur anzeigt, und die durch Signale gesteuert wird, die von dem Fern-Funkempfänger dekodiert werden, um die Temperatur des Sensors anzuzeigen.

[0031] Die Erwärmungseinrichtung in der Kammer kann so sein, dass ihre Wärmeerzeugung von der Stärke eines elektrischen Stroms gesteuert wird, und eine Strom-Regelungseinrichtung vorgesehen ist, die den elektrischen Strom zu der Erwärmungseinrichtung regelt, und das Dekodiersignal von dem Fern-Funkempfänger, das die Information über die Temperatur enthält, verwendet wird, um die Stromregelungseinrichtung und damit die von der Erwärmungseinrichtung erzeugte Wärme, und dadurch die Temperatur, auf die der Sensor und damit die Flüssigkeitsproben sich erwärmen können, zu regeln.

[0032] Der Strom für die Signalverarbeitungseinrichtung kann aus einer Batterie gewonnen werden, die innerhalb oder außerhalb des Gehäuses angeordnet sein kann, innerhalb dessen auch die Verarbeitungseinrichtung angeordnet ist.

[0033] Alternativ kann der Strom für die Signalverarbeitungseinrichtung von einer Stromquelle erzeugt werden, die stationär bleibt und außerhalb des Gehäuses liegt, das die Signalverarbeitungseinrichtung enthält, und ein Pfad ist zwischen der Stromquelle und der Verarbeitungseinrichtung vorgesehen, um den Strom dorthin zu leiten, wenn das Gehäuse bezüglich der Stromquelle dreht.

[0034] Alternativ kann der Strom für die Signalverarbeitungseinrichtung aus der relativen Bewegung zwischen dem stationären magnetischen Feld des Flusses und der Wicklung, die relativ zu dem magnetischen Fluss rotiert, erzeugt werden, um dadurch einen Strom in der Wicklung zu erzeugen, der zur Verfügung steht, um die Signalverarbeitungseinrichtung mit Strom zu versorgen.

[0035] Die Wicklung kann auf einer Spindel angeordnet sein, auf der das Gehäuse montiert ist und die sowohl das Gehäuse als auch die Probenhalter innerhalb der Kammer dreht, oder auf oder in dem Gehäuse selbst, oder kann von der Spindel um einen kreisförmigen Pfad innerhalb der Kammer nah an deren Wand gedreht werden, und der magnetische Fluss strömt durch die Kammerwand, um sich mit der Wicklung zu verbinden, wenn sie um das Innere der Kammer dreht.

[0036] Während die Proben verdampfen, können große Mengen Wärme in die Proben gekoppelt werden, ohne dass die Gefahr der Überhitzung besteht, indem der Druck in der Vakuumkammer niedrig gehalten wird.

[0037] In den meisten Fällen wird die Probenflüssig-

keit zum Sieden gebracht und siedet bei einer Temperatur, die von dem Druck an der Siedeoberfläche der Probe bestimmt wird.

[0038] Die Verdunstungskühlung regelt daher die Temperatur auf eine sichere Höhe, vorausgesetzt, dass das Vakuumpumpensystem den Kammerdruck ausreichend niedrig hält, aber sobald die Proben trocken sind, hört die Verdunstungskühlung auf, und die Proben temperatur kann rasch auf nicht tolerierbare Höhen steigen, wenn die Wärmezufuhr fortgesetzt wird.

[0039] Es ist schwierig, die Proben temperatur während eines Verdampfungsdurchlaufs zu messen, da die Probe während des Vorgangs in einer Vakuumkammer rotiert, und die Erfindung hilft bei der Lösung dieses Problems.

[0040] So kann eine Messung wie gewünscht erreicht werden, indem ein Temperaturmessfühler in eine der Proben eingesetzt und mit einem geeigneten elektronischen Prozessor und Transmitter verbunden wird, der vorzugsweise am Drehpunkt des Probenhalters angeordnet ist.

[0041] Dieser Messfühler kann ein dünnes Thermoelement sein, das von undurchlässigem Inertmaterial wie PTFE umhüllt ist, so dass es die Probe nicht kontaminiert und keine Korrosion erleidet.

[0042] Der Prozessor verstärkt vorzugsweise die Ausgabe des Thermoelements und wandelt sie in ein digitales oder analoges Signal um, das durch den Behälter in die Vakuumkammer übertragen und von einem externen Empfänger empfangen wird.

[0043] Die Übertragung des Signals von dem Thermoelement kann durch ein moduliertes elektromagnetisches Signal oder durch einen in geeigneter Weise modulierten Lichtstrahl oder Infrarotstrahl oder auf eine beliebige andere Art erfolgen, die eine externe Erfassung des Signals ermöglicht, wobei die einzige Anforderung ist, dass die gewählte Strahlung durch den Container und möglicherweise auch durch die Kammerwand übertragen werden kann.

[0044] Andere Wärmemessfühler können an Stelle eines Thermoelements verwendet werden, aber ein Thermoelement ist praktisch, da es klein sein kann.

[0045] Strom kann dem elektrischen Schaltkreis zugeführt werden, indem die drehende Antriebswelle hohl ausgebildet wird und Leiter durch das hohle Innere und durch geeignete Abdichtungen in das Innere des elektronischen Behälters geführt werden. Der geerdete äußere Teil der Antriebswelle kann wiederum durch eine geeignete Abdichtung in das Gehäuse aufgenommen werden. Strom müsste den Leitern immer noch durch Schleifringe oder Schleifbürsten zugeführt werden, aber dies kann einfacher sein als Verfahren, die eine drehende Abdichtung erfordern.

[0046] In Fällen, in denen es nicht erwünscht ist, einen Messfühler in der eigentlichen Probe zu platzieren, kann es oft so eingerichtet werden, dass ein Röhrchen neben anderen Probenröhrchen leer bleibt, und wenn dieses bis zu derselben Füllhöhe wie die Probenröhrchen mit einer ähnlichen inerten

Flüssigkeit gefüllt und derselben Erwärmung ausgesetzt wird, kann ein in einem solchen Röhrchen platzierter Temperatur-Messfühler einen guten Näherungswert zu der tatsächlichen Temperatur der Proben liefern.

[0047] Wenn ein solches leeres Röhrchen nicht zur Verfügung steht, muss ein alternativer Ort gefunden werden, um den Messfühler nah bei den Probenröhrchen in einer Position unterzubringen, wo er Temperaturen erfährt, die nah an denen der Proben liegen. In Probenhaltern, die mehrere Öffnungen in einem Block aus Kunststoff oder Metall, z. B. Aluminium, aufweisen, in denen die Proben platziert werden, kann beispielsweise eine weniger genaue, aber trotzdem realistische Näherung an die Proben temperatur erhalten werden, indem der Messfühler in einer separaten Öffnung in demselben Block angeordnet wird, in dem die Öffnungen ausgebildet sind, in denen die Proben gehalten werden.

Alternativer Ansatz

[0048] Wenn die Probenflüssigkeit verdampft, nähert sich der Druck in der Verdampfungskammer dem Dampfdruck der Flüssigkeit oder der Flüssigkeiten in der Kammer bei der Temperatur der betreffenden Flüssigkeit oder Flüssigkeiten, und der Kammerdruck kann daher als Indikator für die Proben temperatur angesehen werden.

[0049] Die Erfindung stellt auch ein Verfahren zur Verfügung, durch das Flüssigkeitsproben in einem Druckgefäß in einem Zentrifugal-Verdampfer Wärme zugeführt wird, wobei sich diese Flüssigkeitsproben in mehreren röhrenförmigen Behältern befinden, die während des Zentrifugierens in dem Druckgefäß unter dem Einfluss zunehmender Zentrifugalkräfte aus einer im Wesentlichen vertikalen Stellung in eine im Wesentlichen horizontale Stellung schwenken, so dass Zentrifugalkräfte auf die Flüssigkeit in den röhrenförmigen Behältern einwirken, wenn der Druck innerhalb der Kammer verringert wird, wobei Strahlungswärme auf die geschlossenen Enden der röhrenförmigen Behälter gerichtet ist, während diese in ihrer im Wesentlichen horizontalen Position sind, um dadurch eine einheitlichere Erwärmung der Flüssigkeitsproben zu erzielen.

[0050] Außerdem wird ein weiteres Verfahren zur Verfügung gestellt, durch das Flüssigkeitsproben erwärmt werden, die sich in einem Zentrifugal-Verdampfer befinden, bei dem die Proben sich in einer festen regelmäßigen Anordnung befinden und mehr von der Wärme auf die Proben gerichtet ist, die sich in dem zentralen Bereich der Anordnung befinden, als auf die Proben an der Peripherie der Anordnung gerichtet ist.

[0051] Bei jedem der oben genannten Verfahren oder jeder der oben genannten Vorrichtungen kann die Wärmequelle eine Infrarotstrahlungsquelle umfassen.

[0052] Wenn die Wärme Infrarotstrahlung ist, ist

vorzugsweise ein wärmeabsorbierender Schirm zwischen der Infrarot-Wärmequelle und den Proben angeordnet, der mehrere strahlungsleitende Bereiche hat, wobei jeder leitende Bereich mit der Position einer der Proben in der Probenanordnung fluchtet und die Wärmedurchlässigkeit der Bereiche in Richtung des Zentrums der Anordnung ansteigt, so dass Proben im zentralen Bereich der Anordnung mehr Strahlung pro Zeiteinheit aufnehmen als diejenigen in den Peripheriebereichen der Anordnung.

[0053] Bei jedem der hier beschriebenen Verfahren und/oder Vorrichtungen können sich die Proben in einer Anordnung von Röhrchen, Flaschen oder Phiolen befinden, die in Haltern gehalten werden, die während der Drehung einer Plattform, auf der sie befestigt sind, einheitlich aus einer vertikalen Stellung in eine im Wesentlichen horizontale Stellung nach oben schwingen, oder in Behältern in einer Mikrotitrationsplatte, die ebenfalls wie oben beschrieben nach oben verschwenkt werden kann.

[0054] Bei jedem der hier beschriebenen Verfahren und/oder Vorrichtungen kann die Wärmequelle an einer radialen Position bezüglich der Drehachse der Probenbehälter angeordnet sein, und jede Probe wird Strahlungswärmeenergie ausgesetzt, wenn sie während ihrer Drehung um die Drehachse die Wärmequelle passiert, oder alternativ kann die Wärmequelle sich um einen gebogenen Weg erstrecken, der sich um einige oder alle kreisförmigen Wege der Proben erstreckt, so dass jede Probe während eines größeren prozentualen Anteils ihres kreisförmigen Wegs der Strahlungswärme ausgesetzt ist, als wenn die Wärmequelle an nur einem Punktum deren Weg angeordnet ist.

[0055] Die Erfindung wird nun beispielartig unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben, die die **Fig. 1** bis 8 umfassen.

[0056] **Fig. 1** stellt einen Zentrifugal-Verdampfer dar, der die hier beschriebene und beanspruchte Erfindung verwirklicht.

[0057] Die Proben in **Fig. 1** befinden sich in Blöcken (**4**), in denen sich mehrere Probenbehälter (nicht gezeigt) befinden, die üblicherweise als Tiefbehälter-Mikrotitrationsblöcke bezeichnet werden.

[0058] Wenn der Probenhalter-Rotor **5A** und die Welle **5B** drehen, angetrieben von einem Motor **5C**, der innerhalb der Kammer (**14**) angeordnet sein kann, aber üblicherweise meist außerhalb der Kammer (**14**) angeordnet ist, schwingen unter dem Einfluss der Zentrifugalkraft die Probenblöcke in die Stellung, bei der die Probenbehälter horizontal sind.

[0059] Die Probenblöcke sind mit Drehgelenken (**13**) verbunden, und die Blöcke werden so gehalten, dass die Behälter vertikal sind, um in den stationären Verdampfer geladen zu werden. Dann wird durch ein Rohr (**9**) aus dem Dampfkondensator ein Vakuum auf die Verdampferkammer (**14**) aufgebracht, wobei der Dampfkondensator wiederum durch das Rohr (**10**) durch die Vakuumpumpe bepumpt wird.

[0060] Wärme wird durch eine Hochtemperatur-In-

frarotstrahlungsquelle (1) auf die drehenden Probenblöcke (4) aufgebracht, und Strahlungswärmeenergie (2) passiert durch ein Fenster aus wärmedurchlässigem Material wie Quarz, das dicht in die Wand der Vakuumkammer (14) eingelassen ist, und erreicht den Probenhalter wie dargestellt.

[0061] Ein Temperatur-Messfühler oder -sensor (15) ist in einem der Probenbehälter angeordnet oder auf andere Art in unmittelbarer Nähe der Behälter in einem der Probenblöcke angeordnet und ist mit einem Transmitter (11) verbunden, der Signale, die der Proben temperatur entsprechen, an eine Antenne und Durchführung (6) überträgt, die innerhalb der Kammerwand liegt und sich durch diese erstreckt, und die mit einem Empfänger und Decoder (16) verbunden ist. Dieser umfasst Datenverarbeitungs- und -berechnungseinrichtungen nach Bedarf und zeigt die Proben temperatur durch ein Display (nicht gezeigt) an und kann, falls gewünscht, so programmiert werden, dass er elektrische Signale erzeugt, um den Betrieb der Heizvorrichtung und das Ansteigen und Absinken der Wärmeenergie zu steuern, um die Proben während des Vorgangs auf einer gewünschten Temperatur zu halten. Solche Steuerungssignale werden über den Pfad 17 an die Heizvorrichtung geleitet.

Einheitlichkeit der Proben temperatur

[0062] Es ist wichtig, dass soweit möglich alle Proben mit der gleichen Geschwindigkeit verdampfen. Um dies zu erreichen, sollten alle Proben die gleiche Wärmezufuhr erhalten, indem die Wärme auf sie gerichtet wird, so dass alle Proben enthaltenden Röhrchen einheitlich erwärmt werden. Eine übliche Form des Probenhalters ist eine Tiefbehälter-Mikrotitrationsplatte (20), in der sich typischerweise 96 Behälter befinden.

[0063] Die Platte ist auf Schwenkzapfen montiert (in Fig. 2 nicht gezeigt), so dass, wenn sie zunächst auf den stationären Rotor 5A geladen wird, die offenen Enden der Behälter nach oben zeigen, aber sobald der Rotor 5A mit ausreichender Geschwindigkeit rotiert wird, die Platten oder Blöcke (4) in eine Stellung schwingen, in der die Behälter horizontal sind, wie in Fig. 1 und Fig. 2 dargestellt.

[0064] Es ist bekannt und praktisch, Strahlungswärme in der Kammer von oben aufzubringen, wie in Fig. 2a gezeigt (oder von unten), aber dies ermöglicht keine einheitliche Erwärmung der Behälter, wenn sie horizontal sind. Dies liegt zum Teil daran, dass die meiste Wärme im infraroten Bereich liegt, der den Kunststoff, aus dem die Halterungen bestehen, nicht wesentlich durchdringt. Die oberen Behälter werden daher stark erwärmt, während die unteren Behälter wenig Wärme erhalten. Dies kann zu einer Überhitzung der oberen Proben führen, bevor die mittleren oder unteren Proben trocken sind.

[0065] Gemäß einem Aspekt der Erfindung wird der Infrarotstrahl horizontal auf die geschlossenen En-

den der Probenbehälter gerichtet, wie in Fig. 2b, bei dieser Anordnung ist es möglich, eine einheitliche Erwärmung der Behälter zu erreichen.

Der Kalter-Nachbar-Effekt

[0066] Selbst bei absolut einheitlicher Wärmezufuhr verdampfen aufgrund des „Kalter-Nachbar-Effekts“ die Proben nicht mit einheitlicher Geschwindigkeit. Wenn die Proben in Thermokontakt miteinander stehen, wie es z. B. bei einer Mikrotitrationsplatte oder einem Mikrotitrationsblock (4) der Fall ist, haben die äußeren Proben nur an drei oder (bei Proben in Eckposition) zwei Seiten verdampfende (und deshalb „kalte“) Nachbarn und verlieren deshalb nicht so viel Wärme an ihre Nachbarn wie diejenigen im Zentrum, die vier „kalte“ Nachbarn haben. Außerdem sind zwei der Nachbarn einer außen gelegenen Probe im Allgemeinen weniger kalt als diejenigen der innen gelegenen Proben. Außen gelegene Proben können deshalb schneller verdampfen als zentral gelegene Proben.

[0067] Ein weiterer Aspekt der Erfindung sieht vor, dass dieser Effekt reduziert oder ausgeschaltet werden kann, indem die Wärmezufuhr zu den außen gelegenen Proben verringert wird, und im Fall der (bevorzugten) Infraroterwärmung ist eine einfache Möglichkeit hierfür, eine graduelle Abschirmung von dem Infrarotstrahl vorzusehen, indem z. B. ein Metallschirm 19 (s. Fig. 3) zwischen den Probenhalter und die Wärmequelle geschoben wird. Der Schirm weist abgestufte Perforationen 20, 22, 24 auf, so dass diejenigen in dem äußeren Bereich viel weniger Strahlung durchlassen als diejenigen im zentralen Bereich, und diejenigen in mittleren Bereichen wie 22, die eine mittlere Größe haben, dadurch größere Mengen an Wärme übertragen als die äußeren Bereiche 20. Die innere Öffnung 24 ermöglicht einen ununterbrochenen Weg der Strahlung ins Zentrum der Anordnung von Probenhaltern.

[0068] Obwohl der dargestellte Probenhalter (4) als Tiefbehälter-Mikrotitrationsblock oder -platte beschrieben ist, können dieselben Techniken angewandt werden, um eine einheitliche Temperatur und abgestufte Erwärmung wie oben beschrieben zu erzielen, wenn Anordnungen von Röhrchen, Flaschen oder Phiolen in Haltern verwendet werden, die in ähnlicher Art auf Drehgelenken schwingen.

Regelung der Erwärmung

[0069] Ein Aspekt der Erfindung sieht vor, dass die Kraft der Heizvorrichtung geregelt wird, indem die Proben temperatur oder der Kammerdruck gemessen werden und geeignete Schritte durchgeführt werden, um die Kraft der Heizvorrichtung zu erhöhen oder zu senken. So wird zu Beginn des Verfahrens eine hohe Wärmezufuhr benötigt, aber wenn die Proben annähernd trocken sind, verringert sich die Verdampfungsgeschwindigkeit und die Proben temperatur be-

ginnt zu steigen, so dass die Wärmezufuhr verringert werden muss, um eine Überhitzung der Probe zu verhindern, und wenn die Proben trocken sind, muss die Erwärmung gestoppt werden.

Dampfströmung

[0070] Ein Dampfkondensator ist in **Fig. 1** mit dem Bezugszeichen **26** bezeichnet. Diese Vorrichtungen werden bei einer Zentrifugalverdampfungs-Anlage verwendet, um die Pumpgeschwindigkeit für die verdampfende Flüssigkeit zu erhöhen und die Vakuumpumpe **28** vor Dämpfen zu schützen, die ihre Effizienz beeinträchtigen könnten. Solche Kondensatoren sind Gefäße, die bei niedrigen Temperaturen gehalten werden, bei denen die bei der Verdampfung entstehenden Dämpfe kondensieren oder sich verfestigen.

[0071] Wenn ein Dampfkondensator **26** zwischen einer Vakuumpumpe **28** und einer Verdampfkammer **14** angeordnet ist, wie in **Fig. 1** gezeigt, kann der Druck in der Kammer **14** nicht unter den Dampfdruck einer kondensierten Flüssigkeit, die in dem Kondensator **26** bleibt, verringert werden. Das liegt an der Verdampfung von kondensiertem Material, die in dem Kondensator stattfindet, wenn der Systemdruck auf ein Niveau verringert wird, das sich dem Dampfdruck des kondensierten Materials annähert, das in dem Kondensator **26** übrig ist. Besonders dann, wenn ein flüchtigeres Material aus einem vorherigen Durchlauf in dem Kondensator **26** verblieben ist, kann dieses Phänomen dazu führen, dass der Kammerdruck eine recht unempfindliche Technik ist, um die Proben temperatur am Ende der Verdampfung zu erfassen, um anzuzeigen, wenn die Proben trocken sind, und er kann ein unzuverlässiges Mittel sein, um anzuzeigen, wann die Anlage abgeschaltet werden kann.

[0072] Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung ist die Messung der Dampfströmungsgeschwindigkeit als nützlichere Überwachung des Verdampfungsvorgangs vorgeschlagen worden.

[0073] Durch Überwachen der Strömungsgeschwindigkeit können Informationen über einen Vorgang gewonnen werden, um anzuzeigen, wann die Heizvorrichtung abgeschaltet werden muss, denn wenn die Proben fast trocken sind, wird die Strömungsgeschwindigkeit niedrig. Dies ermöglicht es, die Anlage zuverlässig abzuschalten, wenn der Vorgang beendet ist (d. h. wenn die Proben trocken sind).

[0074] Die Strömungsgeschwindigkeit durch den Kondensator oder die Röhre **9** zwischen der Kammer **14** und dem Kondensator **26** kann mit einer beliebigen geeigneten Technik beobachtet werden.

Erwärmung von Mehrfach-Probenblöcken

[0075] In einigen Fällen können mehrere Mikrotitrationsplatten oder -blöcke entweder direkt übereinander oder auf dünnen Trennregalträgern oder -böden ge-

stapelt werden, die üblicherweise aus rostfreiem Stahl bestehen und als Stapeleinrichtung in dem Verdampfer angeordnet sind.

[0076] Solche Anordnungen sind bekannt, haben jedoch den Nachteil, dass die Infrarotenergie nicht gleichmäßig allen Behältern in den Platten oder Blöcken zugeführt werden kann. Wenn sie direkt auf die Unterseite einer Anordnung von Platten oder Blöcken zugeführt wird, die wie beschrieben übereinander gestapelt sind, wird die unterste Behälterschicht gleichmäßig erwärmt, aber wenig oder gar keine Wärme dringt zu den Behälterschichten in den Platten oder Blöcken darüber vor. Wenn sie der Basis eines Halters zugeführt wird, der dünne Wände, eine Basis und Regalträger aus rostfreiem Stahl hat, ist die Wärmeleitung zu den höheren Regalträgern wiederum schlecht, und die Behälter in den oberen Platten oder Blöcken bekommen weniger Wärme als die in den unteren.

[0077] Gestapelte Platten können einheitlicher erwärmt werden, wenn sie von relativ dicken Böden aus einem Material mit hoher Wärmeleitfähigkeit getragen werden, z. B. Aluminium oder Kupfer, die ihrerseits mit einem dicken Rahmen verbunden sind, der ebenfalls aus Material mit ähnlich hoher Wärmeleitfähigkeit besteht, mit einer guten Wärmeverbindung zwischen den Böden und dem Rahmen, wobei Letzterer durch die Infrarotstrahlung erwärmt wird.

[0078] Eine solche Anordnung von Regalträgern oder -böden ist in **Fig. 4** gezeigt. Diese ist aus einer schweren Aluminiumbasis **9** und ähnlichen schweren Aluminiumstirnseiten **30, 32** gebildet (Letztere sind in der Figur durchsichtig dargestellt), wobei Böden **34, 36, 38** etc. die Distanz zwischen den Stirnseiten **30, 32** überbrücken.

[0079] Bei der in **Fig. 4** dargestellten Anordnung hat sich herausgestellt, dass Wärme gleichmäßig allen Platten zugeführt wird, wenn die Dicke der tragenden Böden **34, 36, 38** etc. im Bereich von 2 mm liegt und die Basis und die Enden **29, 30, 32** von ähnlicher oder größerer Dicke sind.

[0080] Wie in **Fig. 5** dargestellt haben die meisten Mikrotitrationsplatten **40** eine sich vertikal erstreckende, nach unten vorstehende Außenkante **42**, und wenn sie von einem flachen Boden getragen werden, existiert ein schmaler Spalt von wenigen Millimetern zwischen dem tragenden Boden und der Unterseite der Mikrotitrationsplatte und damit auch den Unterseiten der Behälter.

[0081] Wenn jeder tragende Boden wie in **Fig. 6** gezeigt ausgebildet ist, so dass bei einem Aufriss wie in **Fig. 6** sein zentraler Bereich **44** bezüglich seiner Peripherie oder wenigstens bezüglich beider Enden **46, 48** stufenartig erhöht ist, wird dieser Spalt reduziert oder eliminiert, und eine bessere Wärmeübertragung von dem Boden zu der Platte/zur den Behältern tritt auf, was zu schnellerer Verdampfung führt.

[0082] **Fig. 7** zeigt die wichtigen Komponenten des Überwachungssystems für eine Kammer wie die in **Fig. 1** gezeigte. Jeder Sensor **15** ist mit einer Eingangs-

be von einer Signalverarbeitungseinrichtung **50** verbunden, deren Ausgabe von einem Analog/Digital-Wandler **52** digitalisiert wird, um in einen Mikroprozessor **54** eingegeben zu werden, der die Modulation eines Funksignals in einem Transmitter **56** durchführt, an den Signale von dem Mikroprozessor für Strahlung durch eine Antenne **58** gesendet werden. Eine Stromquelle **60** kann eine Batterie aufweisen. Außer dem Sensor **15** und der Antenne **58** können alle in **Fig. 7** gezeigten Einheiten in einem Gehäuse untergebracht sein, das an dem Probenhalter-Rotor **5A** angeordnet ist.

[0083] Damit keine relative Bewegung zwischen der Kammer **14** und dem Sensor **15** entsteht, muss diese so aufgebaut sein, dass wenigstens ein Teil ihrer Wand die Funksignale von der Antenne übertragen kann.

[0084] Ein Empfänger- und Steuerungssystem zur Anordnung außerhalb der Kammer **14** ist in **Fig. 8** gezeigt.

[0085] Hier überträgt eine Empfängerantenne **62** Funksignale an einen Empfänger und Decoder **64**, der dekodierte digitale Datensignale (entsprechend denen von **52** in **Fig. 7**) an einen zweiten Mikroprozessor **66** leitet. Dieser steuert die Sendung von digitalen Signalen an eine Motorsteuerung **68**, die die Drehzahl des Antriebsmotors **5C** (auch in **Fig. 1** gezeigt) regelt. Ein Tachogenerator **70** ist an die Motorwelle **72** angeschlossen und liefert ein Geschwindigkeitssignal für den Mikroprozessor **66**.

[0086] Eine Infrarotheizung **1** (s. auch **Fig. 1**) wird von einer Kraftsteuerungsvorrichtung **74** gesteuert, die ihrerseits durch Signale von dem Mikroprozessor **66** gesteuert wird, um die Wärmeerzeugung von **1** zu verringern, wenn ein Verdampfungsvorgang fortschreitet, um die Gefahr der Überhitzung zu vermindern, wenn die Proben trocknen und nicht mehr von Auswirkungen der Verdunstungskühlung gekühlt werden.

[0087] Die Vakuumpumpe **28** aus **Fig. 1** wird über eine Leitung **76** mit der Kammer **14** verbunden gezeigt, wobei die Leitung **76** ein Ventil **78** aufweist, das ebenfalls von Signalen von dem Mikroprozessor **66** gesteuert wird. Letzterer umfasst einen Speicher, in dem die Software des Betriebssystems und Daten betreffend verschiedene flüchtige Flüssigkeiten gespeichert sind, und eine Dateneingabetastatur oder andere Vorrichtungen **80**, die es ermöglichen, zu Beginn Daten einzugeben und das System über flüchtige Komponenten zu informieren. Ein Bildschirm **82** unterstützt die Dateneingabe und die Anzeige von beobachteten Temperaturwerten von dem Sensor **15** und Druckwerten für einen Sensor **84** in der Kammer. [0088] Der Strom für das System aus **Fig. 8** kann von einer Batterie oder einer netzgespeisten Stromquelle **86** erzeugt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Verdampfen von Flüssigkeits-

proben, die in wenigstens einigen von mehreren einzelnen Probengefäßen enthalten sind, welche innerhalb einer Kammer befestigt sind und während des Verdampfungsverfahrens rotiert werden, so dass eine Zentrifugalkraft auf die während des Verdampfungsvorgangs darin enthaltene Flüssigkeit einwirkt, und wobei den Probengefäßen Wärme zugeführt wird, um die Flüssigkeit darin zu erwärmen, während in der Kammer ein Druck gehalten wird, der unter dem atmosphärischen Druck liegt, wobei eine Temperaturmessvorrichtung in oder an wenigstens einem der Probengefäße angeordnet ist, um die Temperatur darin wenigstens während des Verdampfungsvorgangs zu messen, und ein elektrisches Datensignal generiert wird, das proportional zu der gemessenen Temperatur ist, und wobei das Temperatur-Datensignal über einen Signalpfad an eine elektronische Datensignal-Verarbeitungseinrichtung übertragen wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Signalverarbeitungseinrichtung am Drehpunkt der mehreren Probengefäße angeordnet ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem die Signalverarbeitungseinrichtung die Ausgabe der Messvorrichtung in eine für eine Übertragung an einen externen Empfänger geeignete Form umwandelt.

4. Verfahren nach Anspruch 3, bei dem die Signalverarbeitungsvorrichtung die Ausgabe der Messvorrichtung in digitale Signale umwandelt, durch die ein Trägersignal moduliert wird, um die Übertragung zu bewirken.

5. Verfahren nach Anspruch 4, bei dem das Trägersignal ein Lichtstrahl ist und die Modulation darin besteht, dass die Intensität des Strahls moduliert wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem das elektrische Datensignal verwendet wird, um die Wärmequelle zum Erwärmen der Probengefäße in der Kammer zu steuern.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem der Strom für die Signalverarbeitungseinrichtung in einer Wicklung erzeugt wird, die in Verbindung mit einem Gehäuse mit den Probengefäßen bezüglich eines stationären magnetischen Flusses rotiert.

8. Verfahren nach Anspruch 7, bei dem der magnetische Fluss von wenigstens einem Dauermagneten erzeugt wird, der während jeder Drehung des Probengefäßes in unmittelbare Nähe der Wicklung kommt und entweder innerhalb der Kammer angeordnet ist, wobei die Wicklung in, auf, oder nah an dem Gehäuse ist, oder außerhalb der Kammer angeordnet ist, wobei die Wicklung um das Innere der

Kammer nah an deren Wand rotiert wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei der Magnet innerhalb der Kammer ist und eine Schutzschicht auf den Magneten aufgebracht wird, um zu verhindern, dass er mit korrosiven Dämpfen in der Kammer in Berührung kommt.

10. Verfahren nach einem der vorigen Ansprüche, bei dem die Messvorrichtung von einem undurchlässigen Inertmaterial umhüllt ist, so dass sie die Probe nicht kontaminiert und keine Korrosion erleidet.

11. Verfahren nach einem der vorigen Ansprüche, bei dem die Messvorrichtung ein Thermoelement ist.

12. Zentrifugal-Verdampfer, der Folgendes aufweist: Eine Vakuumkammer (14), mehrere Probengefäße (4), die einzeln aufbewahrt, zur Verdampfung vorgesehene Flüssigkeitsproben enthalten, die darin für eine Rotation um eine insgesamt senkrechte Achse angeordnet sind, eine Erwärmungseinrichtung (1) zum Erwärmen der Probengefäße und damit der darin enthaltenen Flüssigkeitsproben, einen temperaturempfindlichen Sensor (15), der in oder an wenigstens einem der Probengefäße angeordnet ist, eine Signalführeinrichtung zum Übertragen von elektrischen Signalen von dem Sensor an eine innerhalb der Kammer angeordnete Signalverarbeitungseinrichtung, eine Übertragungsvorrichtung, ebenfalls innerhalb der Kammer, zum Übertragen von Signalen an einen Empfänger (16) außerhalb der Kammer, wobei die Signale von der Signalverarbeitungseinrichtung verwendet werden, um das übertragene Signal zu modulieren, so dass dieses, wenn es von dem Fernempfänger dekodiert wird, ein Signal aussendet, das Informationen über die Temperatur der Probe enthält.

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, bei der die Signalverarbeitungseinrichtung in einem leckdichten Gehäuse untergebracht ist, um die elektronischen Bauteile, die die Verarbeitungseinrichtung bilden, vor Druckschwankungen und vor den Dämpfen zu schützen, die durch die Verdampfung in der Kammer entstehen.

14. Vorrichtung nach Anspruch 12 oder 13, die weiterhin eine Anzeigeeinrichtung aufweist, die so eingestellt ist, dass sie die Temperatur anzeigt, und die durch Signale gesteuert wird, die von einem Fern-Funkempfänger dekodiert werden, um die Temperatur des Sensors anzuzeigen.

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 14, bei der die Erwärmungseinrichtung von der Stärke eines elektrischen Stroms gesteuert wird, und bei der eine Strom-Regelungseinrichtung vorgesehen ist, die den elektrischen Strom zu der Erwärmungs-

einrichtung regelt, und bei der das dekodierte Signal von dem Empfänger, das die Information über die Temperatur enthält, verwendet wird, um die Stromregelungseinrichtung und damit die von der Erwärmungseinrichtung erzeugte Wärme, und dadurch die Temperatur, auf die der Sensor und damit die Flüssigkeitsproben sich erwärmen können, zu regeln.

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 15, der das Verfahren aus Anspruch 7 durchführt, indem innerhalb der Kammer, aber außerhalb des Gehäuses eine Einrichtung vorgesehen ist, die ein stationäres magnetisches Feld erzeugt, und indem eine Spuleneinrichtung vorgesehen ist, die mit dem Gehäuse dreht und durch den magnetischen Fluss verbunden ist und sich bezüglich des Flusses bewegt, wenn das Gehäuse bezüglich der Kammer dreht, um dadurch einen Strom in der Wicklung zu erzeugen, der zur Verfügung steht, um die Signalverarbeitungseinrichtung mit Strom zu versorgen, und wobei eine elektrische Verbindung zwischen der Spule und dem Stromkreis in dem Gehäuse vorgesehen ist.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

Starke Infrarotstrahlung von oben

Obere Behälter erhalten die gesamte Wärme und trocknen schnell, bevor die unteren Behälter trocknen, wodurch möglicherweise die Proben in den oberen Behältern überhitzt werden, wenn sie austrocknen

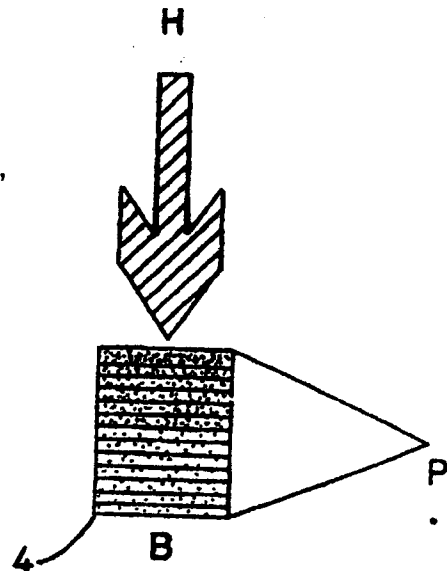
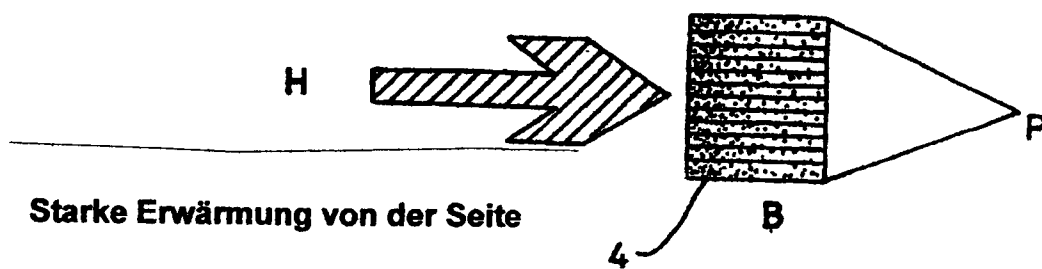


Fig. 2a

**Starke Erwärmung von der Seite**

Alle Behälter werden gleichmäßig aufgeheizt; schnelles einheitliches Trocknen ohne Überhitzung - Verdunstungswärmeverlust ausgeglichen durch einheitliche Wärmezufuhr

Fig. 2b

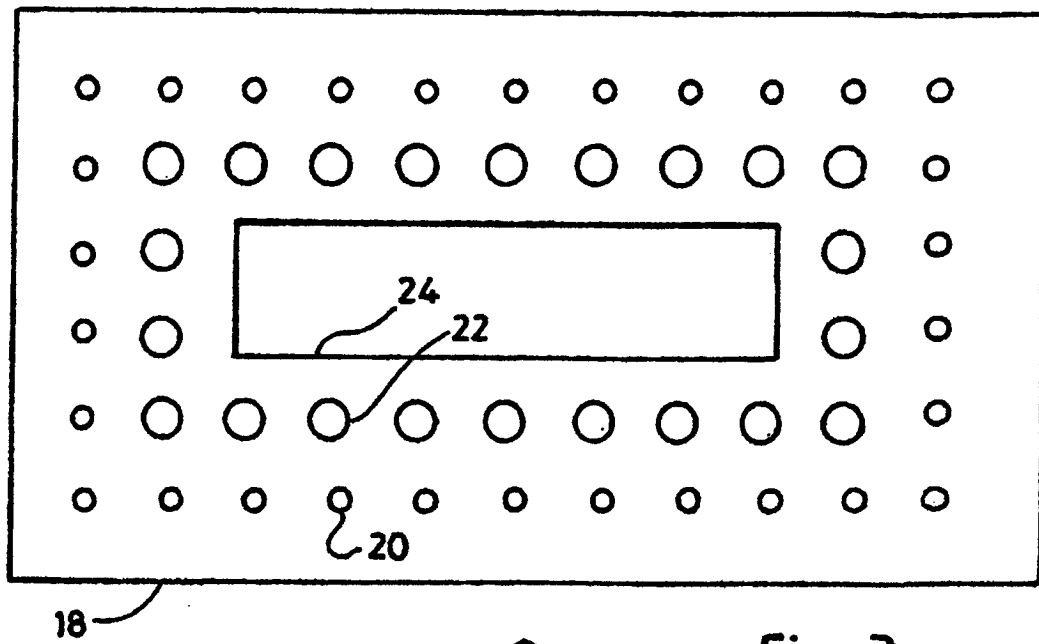


Fig. 3

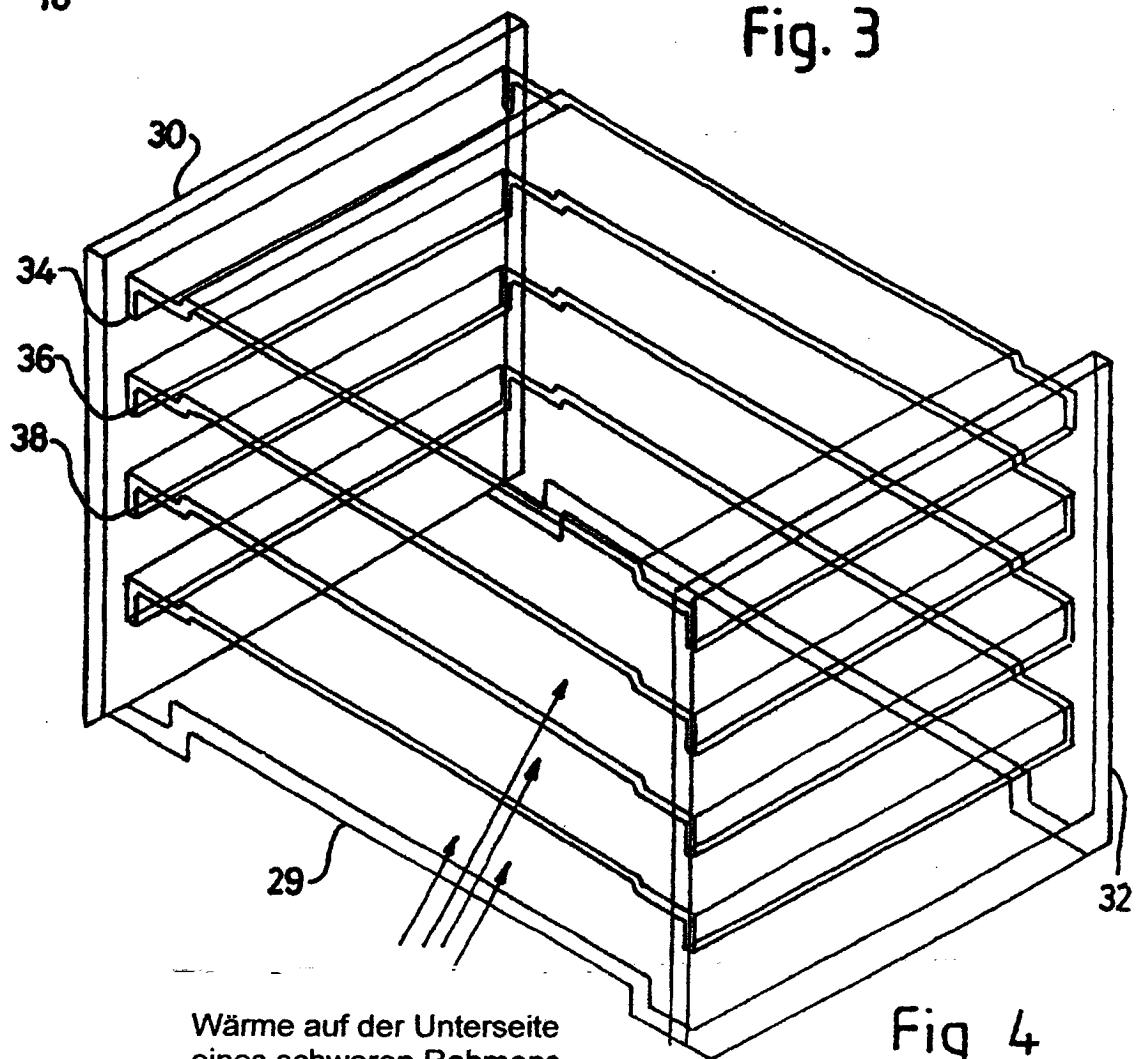


Fig 4

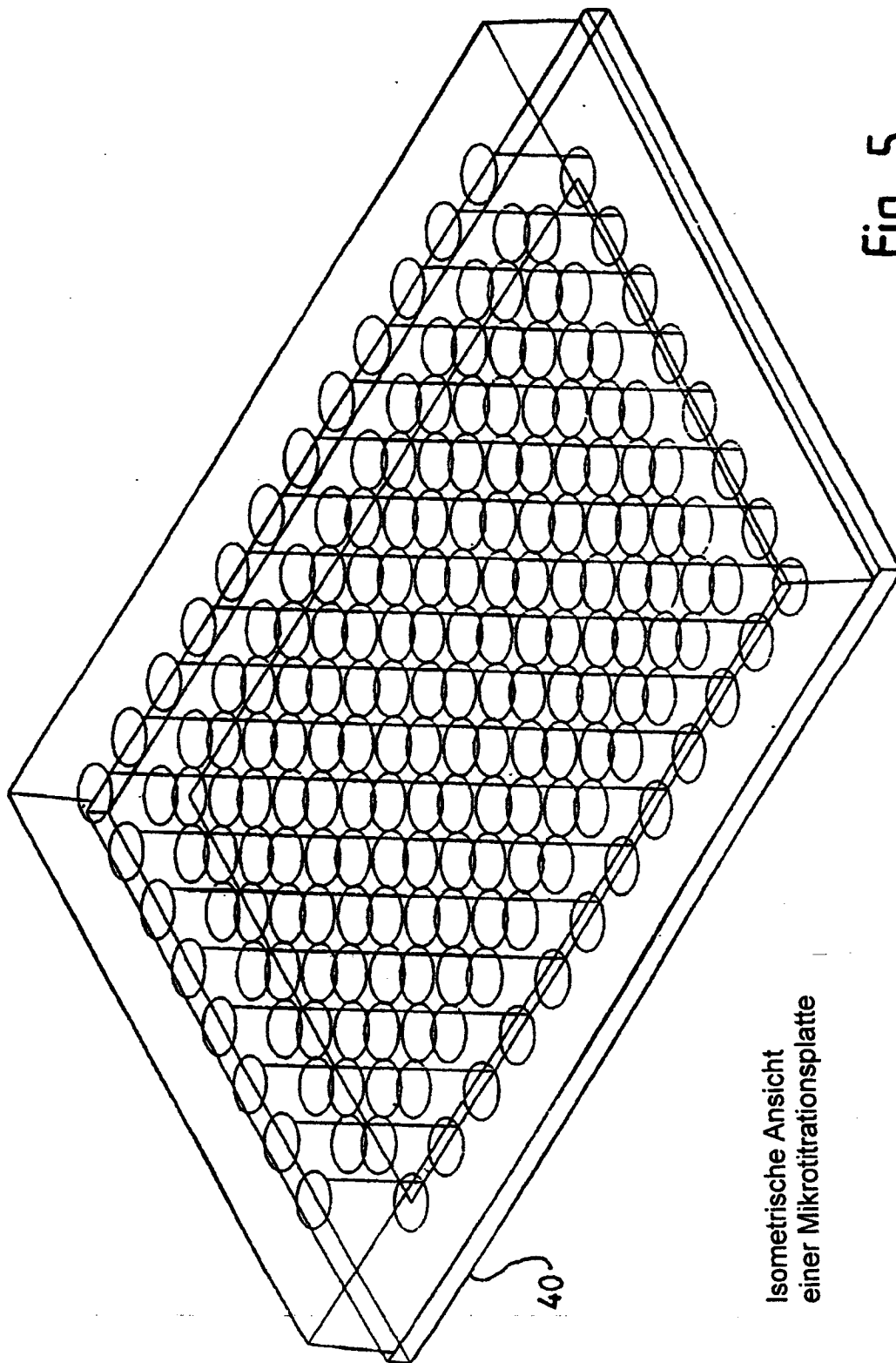
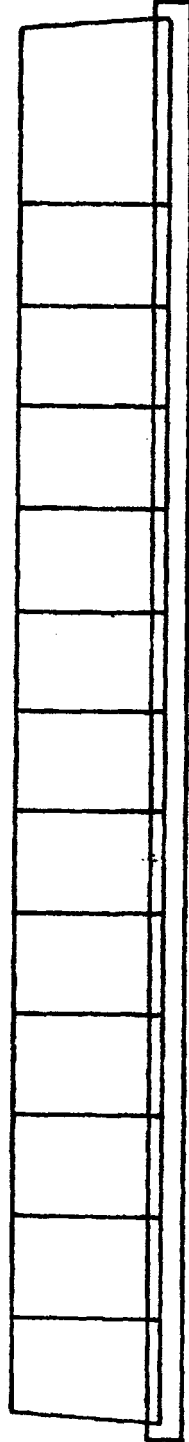


Fig. 5

Seitenansicht der Mikrotitrationsplatte



Seitenansicht des schweren Aluminiumträgers

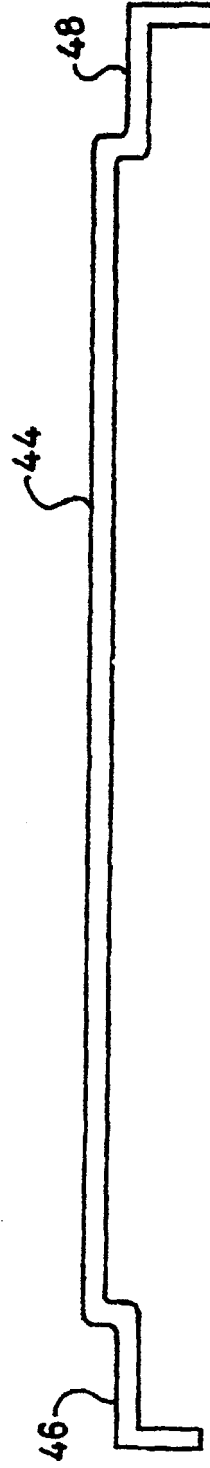


Fig. 6

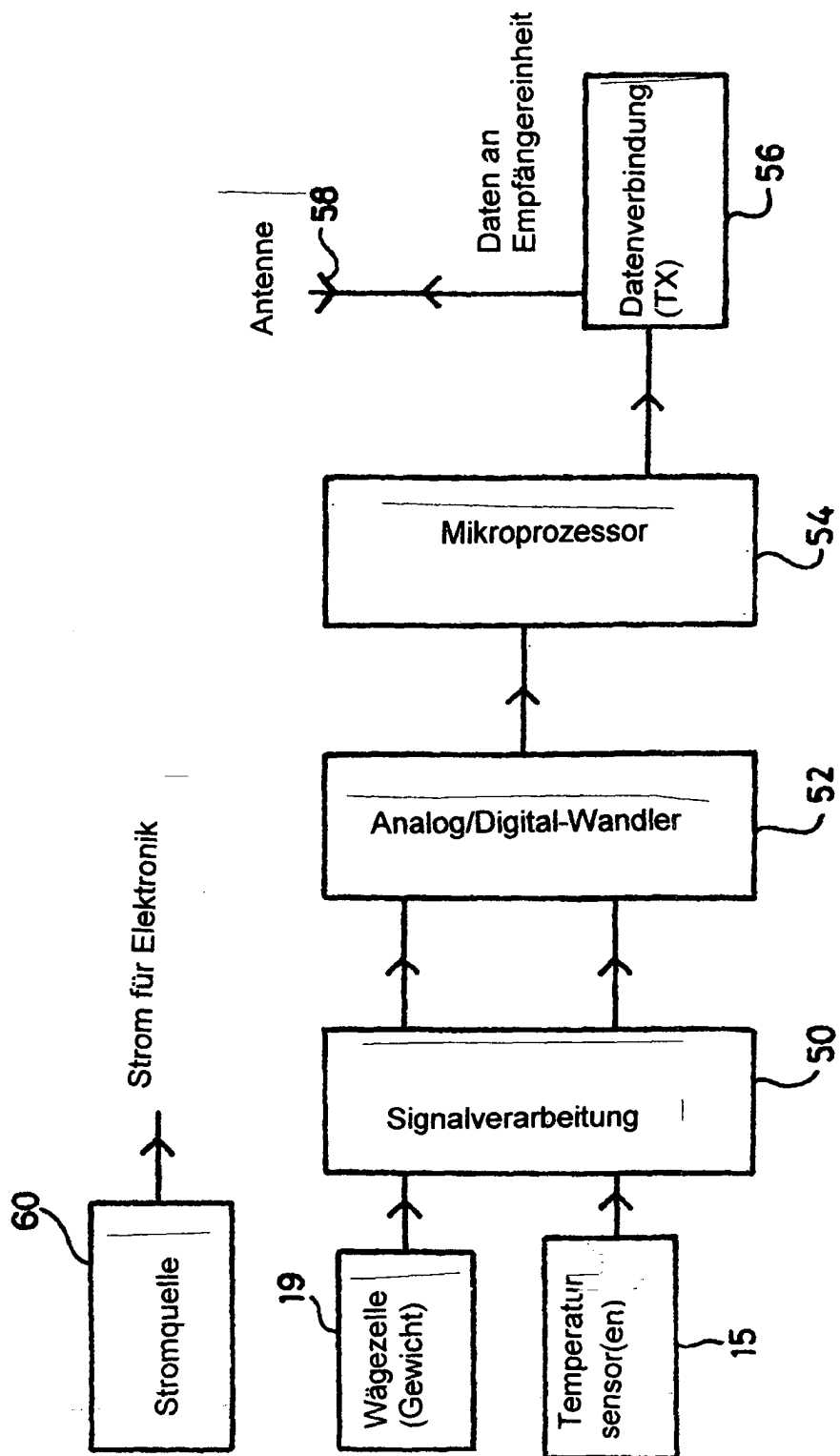


Fig. 7

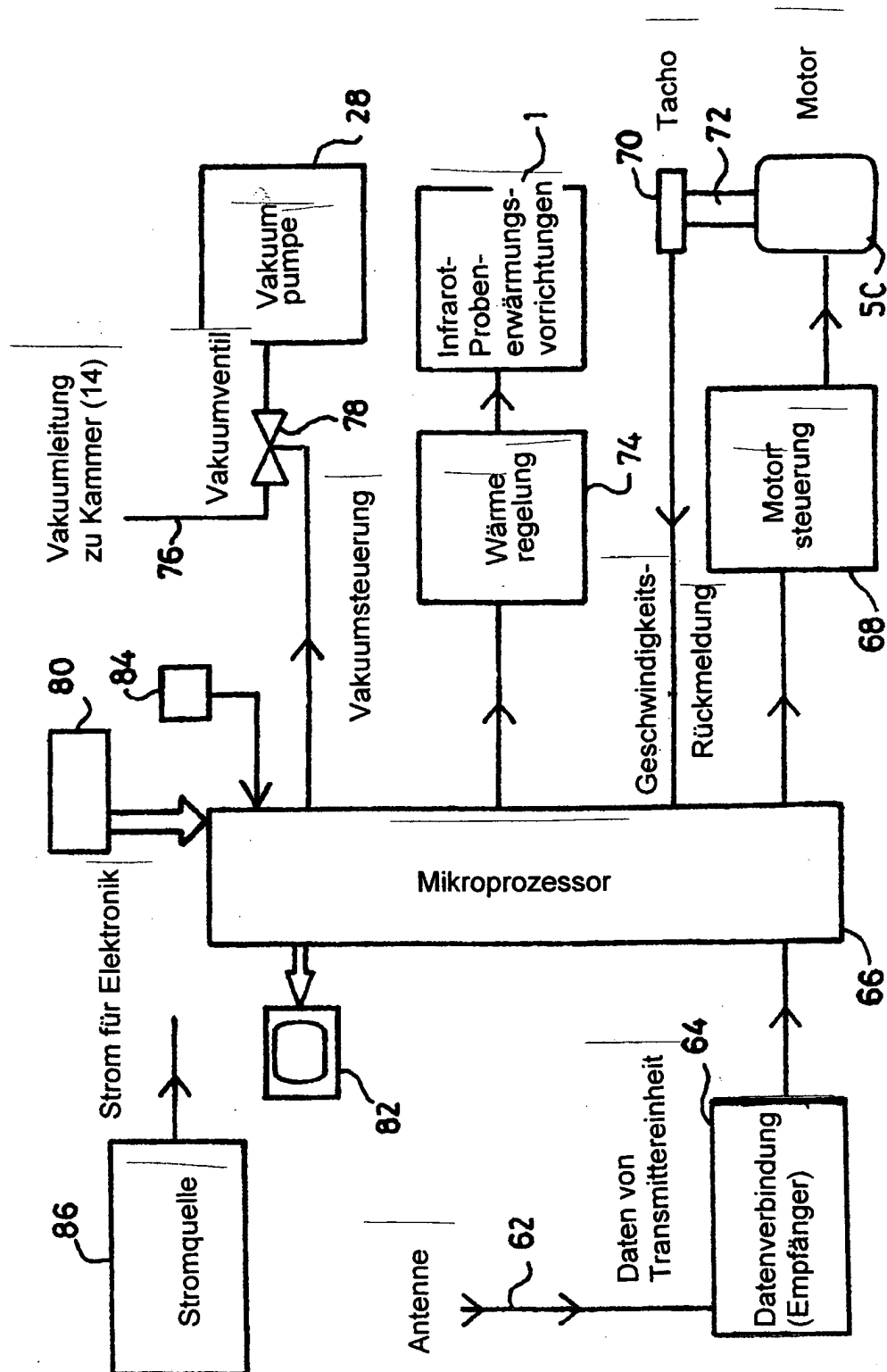


Fig. 8