



(12) **Übersetzung der geänderten europäischen Patentschrift**

(97) **EP 0 966 320 B2**

(51) Int Cl.: **B01F 5/06** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **698 25 569.0**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US98/04775**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **98 90 9117.8**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 1998/040156**

(86) PCT-Anmeldetag: **11.03.1998**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **17.09.1998**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **29.12.1999**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **11.08.2004**

(97) Veröffentlichungstag
des geänderten Patents beim EPA: **23.03.2011**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **10.05.2012**

Patentschrift wurde im Einspruchsverfahren geändert

(30) Unionspriorität:
816278 **13.03.1997** **US**

(84) Benannte Vertragsanstalten:
AT, BE, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, NL, PT, SE

(73) Patentinhaber:
APV Homogenizer Group, Lake Mills, Wis., US

(72) Erfinder:
KINNEY, Richard, R., Boxford, US; PANDOLFE, William, D., Billerica, US; FERGUSON, R., Daniel, Melrose, US

(74) Vertreter:
Andrae und Kollegen, 81541, München, DE

(54) Bezeichnung: **HOMOGENISIERUNGSVENTIL**

Beschreibung

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0001] Homogenisierung ist das Verfahren der Aufspaltung und des Mischens von Komponenten in einem Fluid. Ein bekanntes Beispiel ist die Milchhomogenisierung, bei der MilCHFettkügelchen(-globuli) aufgespalten und in der großen Masse der Milch verteilt werden. Homogenisierung wird auch dazu verwendet, andere Emulsionen, wie Silikonöl, zu verarbeiten und Dispersionen, wie Pigmente, gegen Säure wirkende Elemente (Antazide) und manche Papierbeschichtungen zu verarbeiten.

[0002] Die häufigste Vorrichtung zur Durchführung einer Homogenisierung ist ein Homogenisierungsventil. Die Emulsion oder Dispersion wird unter hohem Druck in das Ventil, das als ein Durchflussbegrenzer wirkt, um eine intensive Turbulenz zu erzeugen, eingeführt. Das Hochdruckfluid wird durch einen üblicherweise engen Ventilschlitz in eine Umgebung mit niedrigem Druck ausgepresst.

[0003] Homogenisierung tritt in dem Bereich auf, der den Ventilschlitz umgibt. Das Fluid erfährt eine rapide Beschleunigung gekoppelt mit extremen Druckverlusten. Theorien haben vorgeschlagen, dass sowohl Turbulenz als auch Kavitation in diesem Bereich die Mechanismen sind, die die Homogenisierung erleichtern.

[0004] Frühe Homogenisierungsventile hatten eine einzelne Ventilplatte, die durch ein üblicherweise mechanisches oder hydraulisches Betätigungssystem gegen einen Ventilsitz gepresst wurde. Milch bspw. wurde durch eine ringförmige Öffnung oder Ventilschlitz zwischen dem Ventil und dem Ventilsitz ausgebracht.

[0005] Obwohl sie den Vorteil eines relativ einfachen Aufbaus bieten, konnten die frühen Ventile hohe Milchdurchflussraten nicht wirksam handhaben. Homogenisierung tritt am effizientesten, bei vergleichsweise kleinen Ventilspalten auf, was die Milchdurchflussrate für einen gegebenen Druck beschränkt. Somit konnten höhere Durchflussraten nur durch Vergrößern des Durchmesser oder der Größe eines einzelnen Homogenisierungsventils erreicht werden.

[0006] Neuere Homogenisierungsventilgestaltungen waren erfolgreicher bei der Erreichung von hohen Durchflussraten, wobei optimale Ventilspalte beibehalten wurden. Einige der besten Beispiele dieser Gestaltungen sind in den US-Patenten Nr. 4,352,573 und 4,383,769 von William D. Pandolfe beschrieben, die auf den vorliegenden Patentinhaber übertragen wurden, wobei die Lehren dieser Patente in ihrer Gesamtheit durch Bezugnahme zum Offenbarungsgesamt des vorliegenden Patentes gemacht werden.

[0007] Zahlreiche, ringförmige Ventilelemente sind aufeinander gestapelt. Die zentralen Öffnungen der gestapelten Elemente definieren eine gemeinsame Kammer, die üblicherweise einen hohen Druck aufweist. Ringnuten sind an den oberen und/oder unteren Oberflächen jedes Ventilelementes konzentrisch zu der zentralen Öffnung ausgebildet. Die Nuten stehen in Fluidverbindung miteinander über axial gerichtete kreisförmige Anschlussöffnungen, die sich durch die Elemente erstrecken, und gemeinsam definieren die Nuten und Anschlussöffnungen eine zweite Kammer, die üblicherweise einen niedrigen Druck aufweist. In jedem Ventilelement ist die Wand zwischen der zentralen Öffnung und den Nuten abgeschrägt, um Messerkanten zu bilden. Jede Messerkante bildet einen Ventilsitz, der um eine kleine Strecke von einer gegenüberliegenden Ventilfläche an dem angrenzenden Ventilelement beabstandet ist. Bei dieser Gestaltung kann ein optimaler Ventilschlitz bei jeder Durchflussrate beibehalten werden; höhere Durchflussraten werden aufgenommen, indem einfach mehr Ventilelemente dem Stapel hinzugefügt werden.

[0008] In dem US-Patent Nr. 4585357 ist ein Homogenisierer beschrieben, der Zwischenventil-Mikrogruppen zur Ausstrahlung der Homogenisierungsflüssigkeit aufweist.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0009] Der kontinuierliche Fortschritt in der Gestaltung von Homogenisierungsventilen wird grundsätzlich von zwei Bedenken angetrieben. Einerseits besteht der Wunsch nach durchgehend gut homogenisierten Produkten. Die Milchlebensdauer ist durch die Zeit zwischen der Homogenisierung und dem Beginn der visuell erkennbaren Rahmbildung beschränkt. Hierbei handelt es sich um die Umkehrung des Homogenisierungsprozesses, bei dem das MilCHFett wieder von der Masse der Milch getrennt wird. Das zweite, manchmal entgegenstehende Bedenken, sind die Kosten der Homogenisierung, die größtenteils durch die verbrauchte Energie bestimmt werden.

[0010] Die Größe der MilCHFettkügelchen in der homogenisierten Milch bestimmt die Geschwindigkeit, mit der die Rahmbildung erfolgt. Um die Lagerdauer auszudehnen, ist es daher wichtig, dass der Homogenisierungsprozess kleine Fettkügelchen in der homogenisierten Milch bildet. Je kleiner die Fettkügelchen sind, desto stärker ist das Fett dispergiert und desto länger dauert es, bis genügend viele der Fettkügelchen koaleszieren und erkennbaren Rahm bilden. Eine vollständigere Homogenisierung erfordert jedoch grundsätzlich höhere Drücke, was dem zweiten Bedenken entgegenläuft, da höhere Drücke höhere Energiezufuhren erfordern.

[0011] Die Standardabweichung der Größe der Fettkügelchen in der homogenisierten Milch spielt aber auch eine Rolle bei der Festlegung der Lagerfähigkeit der Milch. Manche Ventilgestaltungen erzeugen grundsätzlich kleine Fettkügelchen, was für eine lange Lagerfähigkeit spricht. Aufgrund der Eigenschaften der den Ventilspalt umgebenden Bereiche können aber manche Fettkügelchen größer sein oder dem Homogenisierungsprozess vollständig entweichen, wenn sie durch das Ventil hindurchtreten. Diese größeren Fettkügelchen in der homogenisierten Milch enthalten eine relativ große Fettmenge, und sie setzen im Vergleich zu sehr kleinen Fettkügelchen schnell Rahm an. Auch wenn die Durchschnittsgröße der Fettkügelchen bei einer gegebenen Milchprobe klein ist, kann daher die Lagerfähigkeit aufgrund der Existenz von relativ wenigen großen Kügelchen kurz sein.

[0012] Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung sind auf eine verbesserte Ventilelementgestaltung gerichtet, die bei dem Design, das in der Serie der Patente von Pandolfe beschrieben ist, einsetzbar ist. Allgemeiner gesagt, können die Prinzipien der vorliegenden Erfindung auch auf andere Homogenisierungsventilgestaltungen angewandt werden.

[0013] Die DE 38 18 237 A1 offenbart einen Hochdruckhomogenisierer zum Trennen von Zellen.

[0014] Die Aufgabe der Erfindung ist es, ein Homogenisierungsventil und ein Homogenisierungsverfahren mit einer besseren Leistung anzugeben.

[0015] Die Aufgabe der Erfindung wird mit einem Homogenisierungsventil gemäß Anspruch 1 und einem Homogenisierungsverfahren gemäß Anspruch 10 gelöst. Bevorzugte Ausführungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen offenbart.

[0016] Allgemein sehen Ausführungsformen der Erfindung ein Homogenisierungsventil vor, bei dem Durchflussbegrenzungsflächen einander an jeder Seite einer sich lateral erstreckenden Ventilöffnung (-spalt) gegenüberliegen. Die stromabwärts liegenden Enden der gegenüberliegenden Flächen sind relativ zueinander um wenigstens einen Abstand versetzt angeordnet, der notwendig ist, um ein Klappern des Ventils zu vermeiden. Untersuchungen haben gezeigt, dass Ventile ohne Überlapp zu Instabilität neigen, was zu einer verkürzten Betriebslebensdauer führt. Der Überlapp ist jedoch klein genug, um sicherzustellen, dass eine Homogenisierungszone mit den Mischschichten konvergiert oder sich über deren gesamte Breite erstreckt. Dies führt zu einer vollständigen Homogenisierung, da Teile des Fluides nicht an der Zone vorbeiströmen können.

[0017] Die Theorie legt nahe, dass die stromabwärtsseitigen Enden der gegenüberliegenden Flä-

chen gemäß der Erfindung um wenigstens eine Höhe der Ventilöffnung versetzt, aber nicht um mehr als etwa 10 Mal die Öffnungshöhe versetzt angeordnet werden sollen, um eine vollständige Homogenisierung zu erreichen. Experimente mit Milchhomogenisierung, die Öffnungen von weniger als 0,003 Zoll ($7,6 \times 10^{-5}$ m); in der Praxis zwischen 0,0010 und 0,0020 Zoll ($2,5 \times 10^{-5}$ m bis $5,1 \times 10^{-5}$ m) verwenden, zeigen, dass das Versetzen oder der Überlapp größer sein sollte, als etwa 0,0010 Zoll ($2,5 \times 10^{-6}$ m) aber immer weniger als 0,025 Zoll ($6,4 \times 10^{-4}$ m).

[0018] Das bevorzugte Homogenisierungsventil umfasst einen Stapel ringförmiger Ventilelemente, die eine zentrale Öffnung und axiale Fluidkanäle festlegen. Diese Gestaltung ist bei kommerziellen Anwendungen einsetzbar, die Durchflussraten von 500 gal/h (1893 l/min) und mehr erfordern. Ringförmige Federn werden dazu verwendet, benachbarte Paare von Ventilelementen auszurichten, wobei die Federn in in den Ventilelementen ausgebildete Federnuten passen. Homogenisierung tritt auf, wenn das Fluid zwischen der zentralen Öffnung und den axialen Fluidkanälen durch die dazwischen liegenden ringförmigen Ventilöffnungen tritt. Vorzugsweise hat eine der gegenüberliegenden Flächen jedes benachbarten Paares der Ventilelemente eine Länge von zwischen (0,015 bis 0,020 Zoll) $3,8 \times 10^{-4}$ – $5,1 \times 10^{-4}$ m, aber immer weniger als (0,06 Zoll) $1,5 \times 10^{-3}$ m.

[0019] Das Ventil kann einen Stapel ringförmiger Ventilelemente aufweisen, die eine zentrale Öffnung und axiale Fluidkanäle festlegen, wobei die Homogenisierung erfolgt, wenn das Fluid zwischen der zentralen Öffnung und den axialen Fluidkanälen durch die dazwischen liegenden ringförmigen Ventilöffnungen, die durch gegenüberliegende Ventilflächen und Ventilsitze festgelegt werden, durchtritt, wobei die Öffnungen kleiner sind als (0,003 Zoll) $7,6 \times 10^{-5}$ m, wobei die stromabwärtsseitigen Enden der Ventilflächen einen Überlapp aufweisen, der kleiner ist als (0,025 Zoll) $6,4 \times 10^{-4}$ m, wodurch ein Klappern des Ventils verhindert wird; und ringförmige Federn, die benachbarte Paare der Ventilelemente ausrichten, wobei die Federn in in den Ventilelementen ausgebildete Federnuten passen.

[0020] Zusätzlich oder gemäß Anspruch 10 können die folgenden Schritte durchgeführt werden: Pumpen eines Fluides zwischen gestapelten Ventilelementen, die gegenüberliegende Ventilflächen und Ventilsitze liefern; ausgerichtetes Halten der Ventilelemente mit ringförmigen Federn, die in Ventilnuten, die in den Ventilelementen ausgebildet sind, passen; Trennen der Ventilsitze von den Ventilflächen um einen Abstand von weniger als (0,003 Zoll) $7,6 \times 10^{-5}$ m; Überlappen eines stromabwärtsseitigen Endes der Ventilflächen relativ zu dem Ventilsitz um einen Abstand, der notwendig ist, um ein Klappern zu vermeiden; und

Begrenzen des Überlapps auf weniger als etwa (0,025 Zoll) $6,4 \times 10^{-4}$ m.

[0021] Die obigen und weitere Merkmale der Erfindung einschließlich verschiedener neuer Aufbau-Details und Kombinationen von Teilen sowie weitere Vorteile werden nun genauer mit Bezug auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben und in den Ansprüchen herausgestellt. Es versteht sich, dass das besondere Verfahren und die Vorrichtung gemäß der Erfindung beispielhaft dargestellt sind und nicht als Beschränkung der Erfindung. Die Prinzipien und Merkmale dieser Erfindung können in verschiedenen und zahlreichen Ausführungsformen eingesetzt werden, ohne den Rahmen der Erfindung zu verlassen.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0022] In den beigefügten Zeichnungen beziehen sich Bezugszeichen in allen unterschiedlichen Ansichten auf gleiche Teile. Die Zeichnungen sind nicht notwendigerweise maßstabgetreu; stattdessen wurde Wert darauf gelegt, die Prinzipien der Erfindung darzustellen. In den Zeichnungen ist:

[0023] [Fig. 1](#) ein Schnitt durch ein Homogenisierungssystem mit Ventilelementen gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0024] [Fig. 2](#) eine perspektivische und teilweise geschnittene Ansicht der erfindungsgemäßen Ventilelemente in einem Ventilelementstapel in dem Homogenisierungssystem;

[0025] [Fig. 3](#) ein vertikaler Teilschnitt der gestapelten Ventilelemente, wobei der Ventilöffnungsbereich bei einem herkömmlichen Homogenisierungsventil und bei dem [erfindungsgemäßen] Homogenisierungsventil gezeigt ist;

[0026] [Fig. 4](#) ein Schnitt des herkömmlichen Ventilöffnungsbereiches und der Durchflussbedingungen des durch die Ventilöffnung austretenden Fluides;

[0027] [Fig. 5](#) ein Schnitt des Ventilöffnungsbereiches, in dem entgegen der vorliegenden Erfindung kein Überlapp zwischen den oberen und unteren Flächen der Düsenöffnung besteht;

[0028] [Fig. 6](#) ein Schnitt des Ventilbereiches, wobei ein Ventil mit lediglich moderatem Überlapp gemäß der vorliegenden Erfindung gezeigt ist;

[0029] [Fig. 7](#) ein Ausdruck der Tropfengröße als Funktion des Homogenisierungsdruckes für verschiedene Ventilüberlappabstände während der Milchhomogenisierung in wirtschaftlichem Maßstab; und

[0030] [Fig. 8](#) ein Ausdruck der Tropfendurchmesser als Funktion des Überlapps für verschiedene Homogenisierungsdrücke unter Verwendung von abgefüllter Milch bei einer Durchflussrate von 40 Gallonen (151 l) pro Stunde.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0031] [Fig. 1](#) ist ein Schnitt eines Homogenisierungssystems, das sich auf das in den Pandolfepatenten beschriebene Design bezieht. Das System umfasst Ventilelemente **100**, die entsprechend den Prinzipien der vorliegenden Erfindung aufgebaut sind, wobei viele der Details dieser Elemente besser mit Bezug auf [Fig. 2](#) verstanden werden.

[0032] Mit Bezug sowohl auf [Fig. 1](#) als auch [Fig. 2](#) fördert ein Einlassanschluss **112**, der in einem Einlassflansch **114** ausgebildet ist, ein Hochdruckfluid zu einem Ventilelementstapel **116**. Das Hochdruckfluid wird in eine innere Kammer **118** eingeführt, die durch die zentralen Öffnungen **103**, welche durch die grundsätzlich ringförmigen Ventilelemente **100** ausgebildet sind, definiert wird. Das Hochdruckfluid wird dann durch Ventilöffnungen(-spalte) **102** in eine Kammer **120** mit niedrigem Druck ausgebracht, die durch die axialen Anschlussöffnungen **122** durch die Ventilelemente **100** und die Ringnuten **124** in den Ventilelementen definiert wird. Das in die Kammer mit niedrigem Druck passierende Fluid tritt in eine Ablassöffnung **126** in einer Ablassflanschordnung **130** ein.

[0033] Der Stapel **116** der Ventilelemente **100** wird über ein Basisventilelement **132** gegen den Einlassflansch **114** abgedichtet. Das oberste Ventilelement greift an einem oberen Ventilstopfen **140** an, der über die innere Kammer **118** abdichtet. Dieser obere Ventilstopfen **140** wird hydraulisch oder pneumatisch durch eine Stellgliedanordnung **142** bewegt, die einen Stellgliedkörper **144** aufweist, der einen Stellgliedkolben **146** umgibt, wobei er über einen O-Ring **148** gegenüber diesem abgedichtet ist. Der Kolben **146** ist über die Stellgliedstange **150** mit dem oberen Stopfen **140** verbunden. Eine Stellgliedführungsplatte **152** sitzt zwischen dem Körper **144** und der Ablassflanschordnung **130**. Durch Variieren des Druckes eines Hydraulikfluides oder pneumatisch in dem Hohlraum **154** kann die Größe der Ventilöffnungen **102** durch Induzieren der radialen Biegung der Ventilelemente **100** moduliert werden.

[0034] Das Basisventilelement **132** und andere Ventilelemente **100** sind relativ zueinander ausgerichtet und werden durch schlangenförmige Ventilfeuern **134**, die innerhalb zusammenwirkender Federnuten **136**, **138**, welche in ansonsten flachen Umfangsrandflächen jedes Ventilelementes **100** ausgebildet sind, in der Stapelanordnung gehalten.

[0035] **Fig. 3** ist ein Schnitt durch die Ventilelemente um die Ventilöffnungen, wobei ein herkömmlicher Ventilöffnungsbereich **160** und der Ventilöffnungsbereich **170** bei dem erfindungsgemäßen Homogenisierungsventil gezeigt sind.

[0036] Die Höhe beider Öffnungen liegt vorzugsweise zwischen 0,0015 und 0,0020 Zoll ($3,8 \times 10^{-5}$ m– $5,1 \times 10^{-5}$ m), üblicherweise bei etwa 0,0018 Zoll ($4,6 \times 10^{-5}$ m), in jedem Fall aber weniger als 0,003 Zoll. Diese Größe ist als der vertikale Abstand zwischen dem Ventilsitz oder Steg **158** und der gegenüberliegenden, größtenteils flachen Ventilfläche **156** definiert. Experimente haben gezeigt, dass die Öffnung nicht einfach über 0,003 Zoll ($7,6 \times 10^{-5}$ m) vergrößert werden sollte, um höhere Durchflussraten zu erreichen, da solche Erhöhungen zu einer niedrigen Homogenisierungseffizienz führen werden.

[0037] Bei der bevorzugten Ausführungsform hat der Ventilsitz eine Messerkantengestalt. An der stromaufwärtsseitigen Hochdruckseite der Öffnung ist der Ventilsitz **158** um einen 45° -Winkel, der sich zu der Ventilfläche **156** neigt, abgeschrägt. In der Öffnung ist der Ventilsitz **158** über eine Strecke von idealerweise etwa 0,015 bis 0,020 Zoll ($3,8 \times 10^{-4}$ m– $5,1 \times 10^{-4}$ m), aber nicht weniger als 0,06 Zoll ($1,5 \times 10^{-3}$ m) flach. Auf der stromabwärtsseitigen Niederdruckseite der Öffnung **102** neigt sich der Ventilsitz von der Ventilfläche mit einem Winkel von 5 bis 90° , bei der dargestellten Ausführungsform 45° , von der Ventilfläche weg.

[0038] In dem herkömmlichen Ventilöffnungsbereich **160** wird der Fluiddurchtritt durch die Ventilöffnung **102** beschleunigt, wenn es über den relativ kurzen Ventilsitz oder Steg **158** tritt. Das benachbarte Ventilelement liefert eine flache Ventiloberfläche **156**, die sich radial nach außen erstreckt, parallel zu der Richtung des durch die Öffnung **102** fließenden Fluides. Die Gesamtlänge der Ventilfläche, die sich radial von dem Steg erstreckt, ist keine genau kontrollierte Toleranz, neigt aber dazu relativ lang zu sein, etwa 0,055 Zoll ($1,4 \times 10^{-5}$ m).

[0039] **Fig. 4** zeigt die Durchflussbedingungen des durch den herkömmlichen Ventilöffnungsbereich **160** durchtretenden Fluides. Unmittelbar vor dem Durchtritt des Fluides über das Ende **187** des Steges **158** ist der Durchfluss zwischen dem Steg **158** und der Ventilfläche **156** vollständig laminar (**180**). In diesem Raum tritt eine geringe Homogenisierung auf, das Fluid wird aber an diesem Punkt stark beschleunigt. Nach Durchtreten der Ventilöffnung verringert sich der Teil des Fluides **180**, der laminar fließt, mit zunehmender Entfernung von der Öffnung **102**. Die von der Ventilfläche **156** weg liegenden Schichten werden zunehmend in turbulente, dreidimensionale Mischschichten **182** mit hohen und niedrigen Geschwindigkeiten umgewandelt, in denen keine laminaren

Eigenschaften existieren. Insgesamt sind die turbulenten Mischschichten keilförmig und erweitern sich stromabwärts der Ventilöffnung bei einem Winkel von etwa $\alpha = 5,7^\circ$. An einem Punkt ist die Spitze der Energiedissipation in der turbulenten Mischschicht erreicht und eine Homogenisierungsfront oder -zone **184** bildet sich, in der die Mischschichten zusammenkommen und vollständig turbulent werden. Dies ist der Bereich, in dem der größte Teil der Homogenisierung erfolgt. Hier ist es, wo im Allgemeinen die in dem Druck und der Geschwindigkeit des Fluides enthaltene Energie in das Auseinanderreißen der Milchkügelchen oder das Mischen von Komponenten in den Emulsionen oder Dispersionen umgewandelt wird.

[0040] Der Ort der Homogenisierungsfront kann auf zwei Weisen definiert werden. Bei einer herkömmlichen Ventilöffnung für die Milchhomogenisierung von 0,0018 Zoll ($4,6 \times 10^{-6}$ m) ist die Homogenisierungsfront bei etwa 0,012 Zoll ($3,1 \times 10^{-4}$ m) von dem Ende **187** der Öffnungsoberfläche zentriert. Allgemeiner gesagt erstreckt sich aber die Homogenisierungsfront über eine Strecke von etwa 6 bis 10 Mal der Größe der Öffnung. Diese Beziehung kann für andere Ventilkonfigurationen verallgemeinert werden.

[0041] Das Problem bei diesem herkömmlichen Ventildesign liegt darin, dass eine unvollständige Konvergenz zwischen der turbulenten Mischschicht **182** und der Homogenisierungszone oder -front **184** vorliegt. Das durch die Ventilöffnung **102** hindurchtretende Fluid ist daher unvollständig homogenisiert. Teile, die durch die turbulente Mischschicht **182** hindurchtreten, aber die Homogenisierungszone **184** vermeiden, erfahren eine unvollständige Homogenisierung.

[0042] Es wurden Untersuchungen durchgeführt, bei denen Fotomikrobilder von eingefärbten Öltröpfchen gesammelt wurden, die durch das Ventil hindurchtreten, wobei ein frequenzverdoppelter Nd:YAG-Laser verwendet wurde. Diese Arbeit legt nahe, dass ein zusätzlicher Mechanismus existiert, der einer vollständigen Homogenisierung entgegenwirkt. Es scheint ein Bereich laminarer Strömung **186** zu existieren, der sich über die Homogenisierungsfront **184**, die an der Ventilfläche **156** hängt, erstreckt. Dies gestattet relativ großen inhomogenen Spezies in dem Fluid, an der Homogenisierungszone **184** vorbei zu strömen. Dieser Effekt erklärt die Existenz großer inhomogener Strukturen in Milch, die in dieser Art von Ventilen homogenisiert wurde, auch wenn hohe Homogenisierungsdrücke angewandt wurden. Dies führt zu einer relativ großen Standardabweichung in der Größe der Fettkügelchen in dem homogenisierten Produkt.

[0043] Zurückkommend auf **Fig. 3** sind bei dem Ventilöffnungsbereich **170** gemäß der vorliegenden Erfindung die Enden der gegenüberliegenden Oberflä-

chen, die die Öffnung **102** definieren, weiterhin versetzt zueinander angeordnet. Die Ventiloberfläche **156** endet **188** aber sehr viel näher bei dem Ende des Steges **158**. Es besteht ein Überlapp, aber die Länge des Überlapps ist genau gesteuert.

[0044] **Fig. 5** zeigt die Durchflussbedingungen des aus der Ventilöffnung **102** austretenden Fluides, wenn kein Überlapp existiert. Der Bereich der laminaren Strömung **180** zeigt einen dreieckigen Querschnitt, der sich von der Ventilöffnung weg erstreckt, wobei er oben und unten abnimmt, wenn er sich von den Enden der Ventilflächen weg bewegt. Am wichtigsten aber ist es, dass die Homogenisierungszone oder -front **184** mit den turbulenten Mischschichten **182** konvergiert. Praktisch das gesamte Fluid, das aus dem Ventil austritt, tritt durch diese Zone, die bei etwa fünf Öffnungsabständen existiert, und wird vollständig homogenisiert.

[0045] Wie in **Fig. 6** dargestellt ist, kann auch bei etwas Überlapp (Überlapp = 6 Ventilspalte) eine Konvergenz der turbulenten Mischschicht **182** und der Homogenisierungszone **184** auftreten. Die Homogenisierungsfront liegt bei etwa 5 bis 8 Mal der Ventilöffnungshöhe von dem Ende **187** des Steges **156** vor.

[0046] Außerdem erstrecken die Wandeffekte von der Ventilfläche **156** keine laminare Strömung **180** über die Zone **184** hinaus. Statt dessen stört das frühe Abschneiden der Fläche **156** das laminare Strömungsfeld **180** vollständig, so dass die Homogenisierungszone **184** das aus der Öffnung **102** austretende Fluid vollständig aufnehmen kann.

[0047] Allgemeiner gesagt, treten Wandeffekte von der Ventilfläche **156** und dem Ventilsitz **158** nicht in anderer Weise auf, solange der Schrägungswinkel β , der als 45° dargestellt ist, sich nicht dem Divergenzwinkel α der turbulenten Mischschicht, der $5,7^\circ$ beträgt, annähert. Üblicherweise liegt der Winkel β bei wenigstens 10° , um das Risiko einer Befestigung der laminaren Strömung an der Wand zu vermeiden.

[0048] Experimente legen nahe, dass diese Konvergenz auftreten kann, wenn der Überlapp bei 10 Ventilspalten oder etwa 0,02 Zoll ($5,1 \times 10^{-4}$ m) liegt, wenn herkömmliche Ventilöffnungshöhen verwendet werden. Ein optimaler Überhang liegt bei etwa 8 Ventilspalten oder 0,016 Zoll ($4,1 \times 10^{-4}$ m) Überlapp oder weniger.

[0049] **Fig. 7** ist ein Ausdruck, der die Ergebnisse von Experimenten darstellt, die mittlere Kugeldurchmesser in homogenisierter Milch als Funktion des Druckes für Ventile mit unterschiedlichen Überlapps korrelieren. Ventilüberlapps zwischen 0,025 Zoll ($6,4 \times 10^{-4}$ m) (\square), 0,040 Zoll ($1,02 \times 10^{-3}$ m) (Δ) und den standardmäßigen 0,055 Zoll ($1,4 \times 10^{-3}$ m) (\bullet) zeigen im Wesentlichen die gleiche Leis-

tung. Eine mittlere Kugelgröße von etwa 0,90 μm wird bei einem Homogenisierungsdruck zwischen 1,100 bis 1,200 psi (7584 kPa bis 8274 kPa) erzeugt. Wenn Überlapps von 0,010 (\bullet) oder 0,0 Zoll ($2,54 \times 10^{-4}$ m) (kein Überlapp) (\diamond) verwendet werden, fällt jedoch der mittlere Kugeldurchmesser auf etwa 0,80 μm in dem gleichen Bereich der Homogenisierungsdrücke. Diese Untersuchungen zeigen, dass Überlapps, die weniger als 10 Ventilspalte lang sind, oder etwa 0,025 Zoll ($6,4 \times 10^{-4}$ m), eine wesentlich bessere Homogenisierung erreichen.

[0050] Die Untersuchungen zeigen aber, dass unter manchen Umständen ein minimaler gewünschter Überlapp existiert. Wenn die Datenpunkte bei der Erzeugung des Ausdrucks in **Fig. 7** für die Konfiguration mit null Überlapp gesammelt werden, wurde der Messerkantensteg stark beschädigt. Dieser Effekt wurde durch höhere als normale Geräusche von dem Ventilstapel bestätigt. Eine Untersuchung der Messerkante nach einem Durchlauf von 10.000 Gallonen zeigte ein starkes Abplatzen. Dies deutet an, dass bei dem Betrieb mit null Überlapp Instabilitäten auftraten. Diese Instabilität wird erwartet, wenn kein Überlapp vorliegt oder der Überlapp geringer ist als eine Ventilöffnungshöhe. Bei dem Design von **Fig. 1** überträgt sich das auf einen Überlapp von weniger als etwa 0,0015 bis 0,0020 Zoll ($3,8 \times 10^{-5}$ m bis $5,1 \times 10^{-5}$ m).

[0051] **Fig. 8** zeigt das Ergebnis von Versuchen mit einer Laboranordnung mit entsprechend niedriger Durchflussrate. Der Ausdruck zeigt Tröpfchendurchmesser als Funktion des Überlapps oder des Überhangs für drei Homogenisierungsdrücke (1000 psi (6894 kPa) (\bullet), 1200 psi (8274 kPa) (\square) und 1400 psi (9652 kPa) (Δ)) unter Verwendung von abgefüllter Milch bei einer Durchflussrate von 40 Gallonen/h (151). Auch bei dieser geringen Durchflussrate erreicht eine Reduzierung des Überlapps eine bessere Homogenisierung, was mit den Untersuchungen unter kommerziellen Bedingungen übereinstimmt.

[0052] Obwohl die Erfindung insbesondere mit Bezug auf deren bevorzugte Ausführungsformen dargestellt und beschrieben wurde, versteht es sich für den Fachmann, dass verschiedene Änderungen hinsichtlich der Form und der Details möglich sind, ohne den Rahmen der Erfindung zu verlassen, wie er durch die beigefügten Ansprüche definiert ist.

Patentansprüche

1. Homogenisierungsventil mit Durchflussbegrenzungsflächen (**156**, **158**), die einander an beiden Seiten einer sich lateral erstreckenden Ventilöffnung (**102**) gegenüberliegen, **dadurch gekennzeichnet**, dass stromabwärts liegende Enden (**188**, **187**) der gegenüberliegenden Flächen versetzt angeordnet sind und dass die stromabwärtsseitigen Enden (**188**, **187**) der gegenüberliegenden Flächen jeweils in dem

gleichen Winkel (β) von 5 bis 90° zu jeweiligen Ebenen, die durch die gegenüberliegenden durchflussbegrenzenden Flächen (**156**, **158**) festgelegt werden, geneigt sind, wobei die stromabwärtsseitigen Enden der gegenüberliegenden Flächen um wenigstens eine Höhe der Ventilöffnung versetzt angeordnet sind, aber nicht mehr als etwa zehn Mal die Öffnungshöhe.

2. Homogenisierungsventil nach Anspruch 1, wobei eine Höhe der Ventilöffnung zwischen 0,0010 und 0,0020 Zoll ($2,5 \times 10^{-5}$ – $5,1 \times 10^{-5}$ m) beträgt, und die stromabwärtsseitigen Enden der gegenüberliegenden Flächen um einen Abstand von weniger als $6,35 \times 10^{-4}$ m (0,025 Zoll) versetzt angeordnet sind.

3. Homogenisierungsventil nach einem der Ansprüche 1 bis 2 mit einem Stapel ringförmiger Ventilelemente (**100**), die eine zentrale Öffnung (**118**) und axiale Fluidkanäle (**120**) festlegen, wobei die Homogenisierung erfolgt, wenn das Fluid zwischen der zentralen Öffnung und den axialen Fluidkanälen durch die dazwischenliegenden ringförmigen Ventilöffnungen (**102**) hindurchtritt, wobei die gegenüberliegenden Flächen durch jeweils benachbarte Paare von Ventilelementen gebildet werden.

4. Homogenisierungsventil nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei das Homogenisierungsventil bei der Verwendung so angeordnet wird, dass es eine Durchflussrate von wenigstens 1893 l/h (500 gal/h) aufweist.

5. Homogenisierungsventil nach einem der Ansprüche 3 oder 4, außerdem mit ringförmigen Federn (**134**), die dazu verwendet werden, benachbarte Paare von Ventilelementen auszurichten, wobei die Federn in in den Ventilelementen ausgebildete Federnuten (**136**, **138**) passen.

6. Homogenisierungsventil nach Anspruch 3, wobei eine der gegenüberliegenden Fläche jedes benachbarten Paares von Ventilelementen eine Gesamtlänge von etwa $3,8 \times 10^{-4}$ – $5,1 \times 10^{-4}$ m (0,015 bis 0,020 Zoll) aufweist.

7. Homogenisierungsventil nach einem der vorhergehenden Ansprüche mit:
einem Stapel ringförmiger Ventilelemente (**100**), die eine zentrale Öffnung (**118**) und axiale Fluidkanäle (**120**) festlegen, wobei die Homogenisierung erfolgt, wenn das Fluid zwischen der zentralen Öffnung und den axialen Fluidkanälen durch die durchflussbeschränkenden gegenüberliegenden Ventilflächen (**156**, **158**) durchtritt, wobei die Ventilöffnungen kleiner sind als 0,003 Zoll ($7,6 \times 10^{-5}$ m), und wobei die stromabwärtsseitigen Enden (**188**, **187**) einen Überlapp aufweisen, der kleiner ist als $6,4 \times 10^{-4}$ m (0,025 Zoll); und
ringförmigen Federn (**134**), die benachbarte Paare der Ventilelemente ausrichten, wobei die Federn in in

den Ventilelementen ausgebildete Federnuten (**136**, **138**) passen.

8. Homogenisierungsventil nach Anspruch 7, wobei die stromabwärtsseitigen Enden der Ventilflächen die Ventilsitze um wenigstens eine Höhe des Ventils überlappen.

9. Homogenisierungsventil nach Anspruch 7, wobei die Ventilsitze eine Länge aufweisen, die kleiner ist als $1,5 \times 10^{-3}$ m (0,06 Zoll).

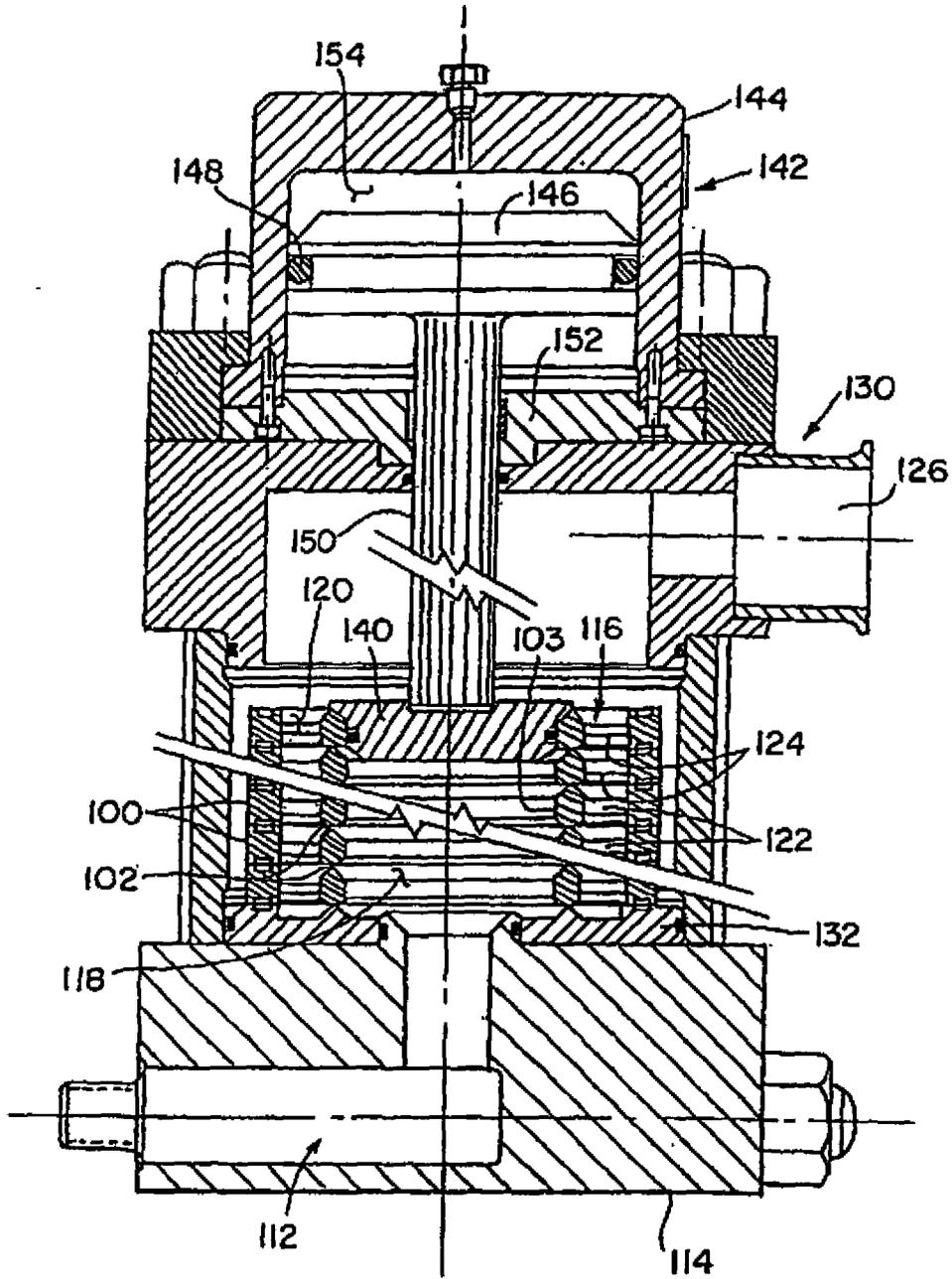
10. Homogenisierungsverfahren mit:
Pumpen eines Fluides durch ein Ventil mit einer gegenüberliegenden Ventilfläche (**156**) und Ventilsitz (**158**) in einer Umgebung mit niedrigem Druck; gekennzeichnet durch versetztes Anordnen eines stromabwärtsseitigen Endes (**188**) der Ventilfläche relativ zu einem stromabwärtsseitigen Ende (**187**) des Ventilsitzes um wenigstens den Abstand zwischen dem Ventilsitz und der Ventilfläche und Begrenzen der versetzten Anordnung der Enden der Ventilflächen auf weniger als etwa zehn Mal den Abstand zwischen dem Ventilsitz und der Ventilfläche; und Abwinkeln des stromabwärtsseitigen Endes (**188**) der Ventilfläche und des stromabwärtsseitigen Endes (**187**) des Ventilsitzes in dem gleichen Winkel (β) von 5 bis 90° zu entsprechenden Ebenen, die jeweils durch die gegenüberliegenden Ventilfläche (**156**) bzw. Ventilsitz (**158**) festgelegt werden.

11. Verfahren nach Anspruch 10, außerdem mit:
Beabstanden der Ventilfläche von dem Ventilsitz um weniger als $7,6 \times 10^{-5}$ m (0,003 Zoll); und Begrenzen der versetzten Anordnung des Endes der Ventilfläche relativ zu dem Ventilsitz auf weniger als etwa $6,4 \times 10^{-4}$ m (0,025 Zoll).

12. Homogenisierungsverfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 11, wobei der Pumpschritt das Pumpen eines Fluides zwischen versetzt angeordneten Ventilelementen (**100**), die die gegenüberliegenden Ventilflächen (**156**) und Ventilsitze (**158**) zur Verfügung stellen, umfasst; und wobei außerdem die Ventilsitze durch ringförmige Federn (**134**), die in in den Ventilelementen ausgebildete Ventilmuten (**136**, **138**) passen, ausgerichtet gehalten werden.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



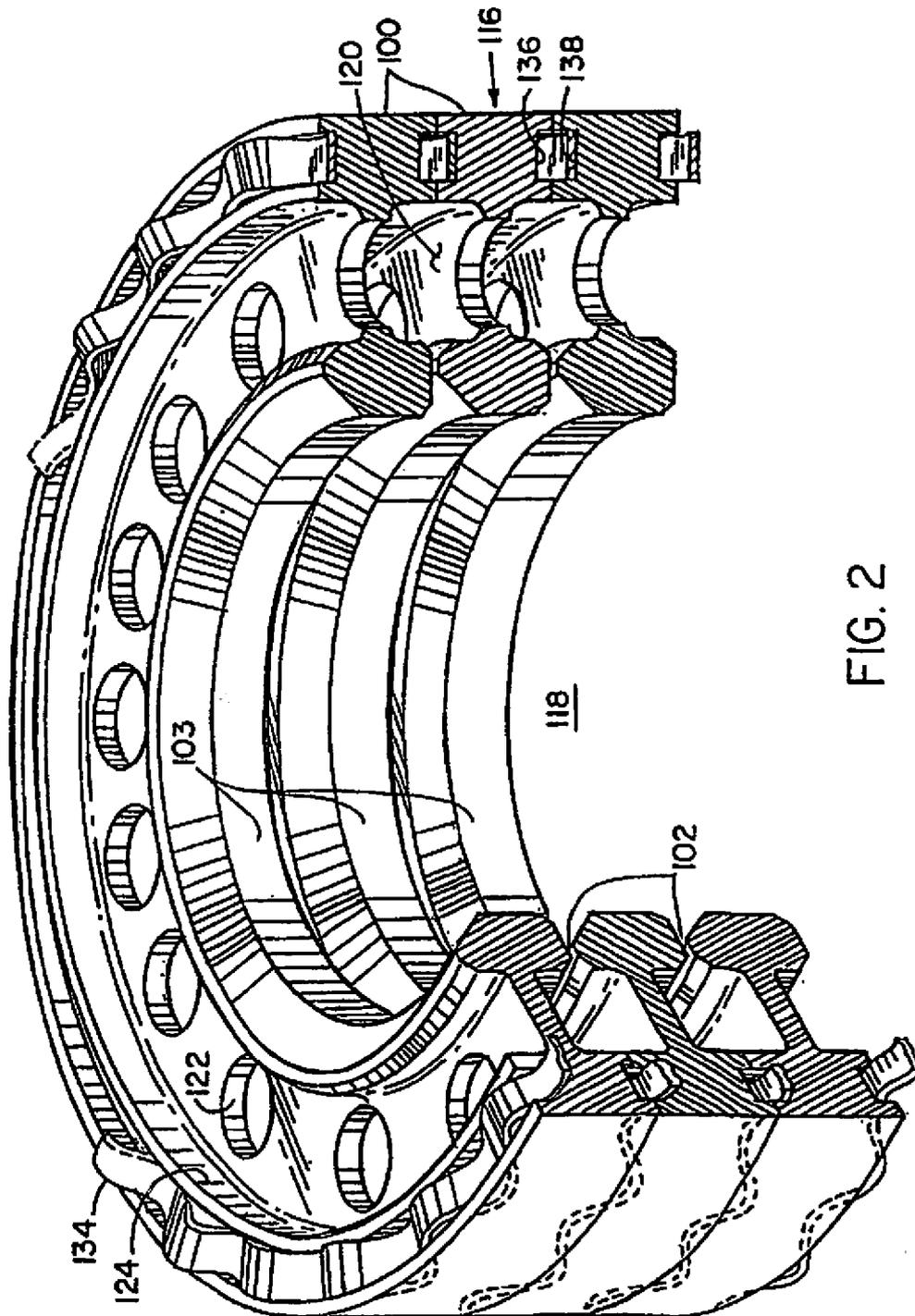


FIG. 2

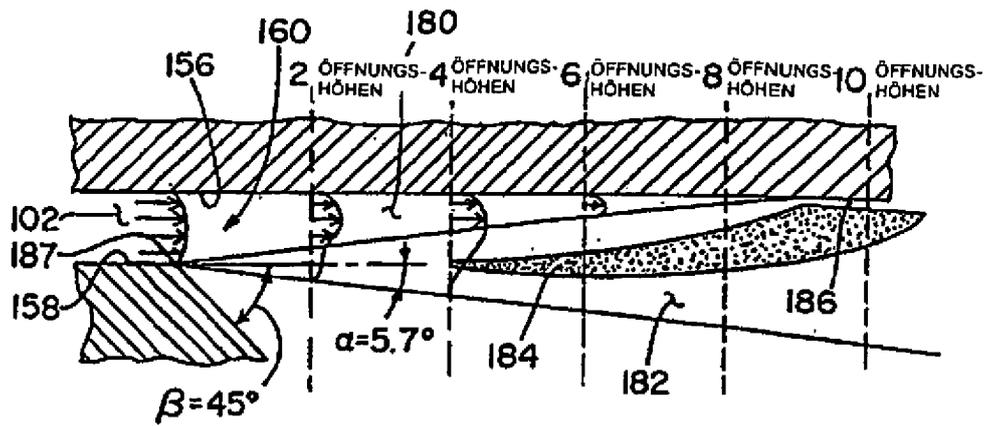


FIG. 4 STAND DER TECHNIK

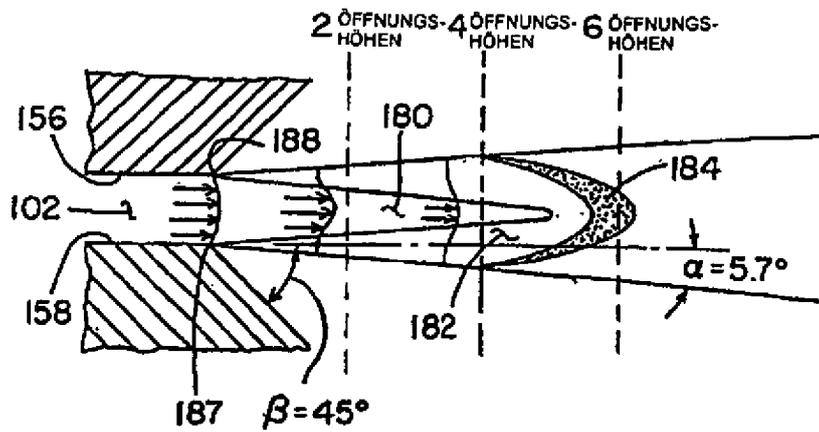


FIG. 5

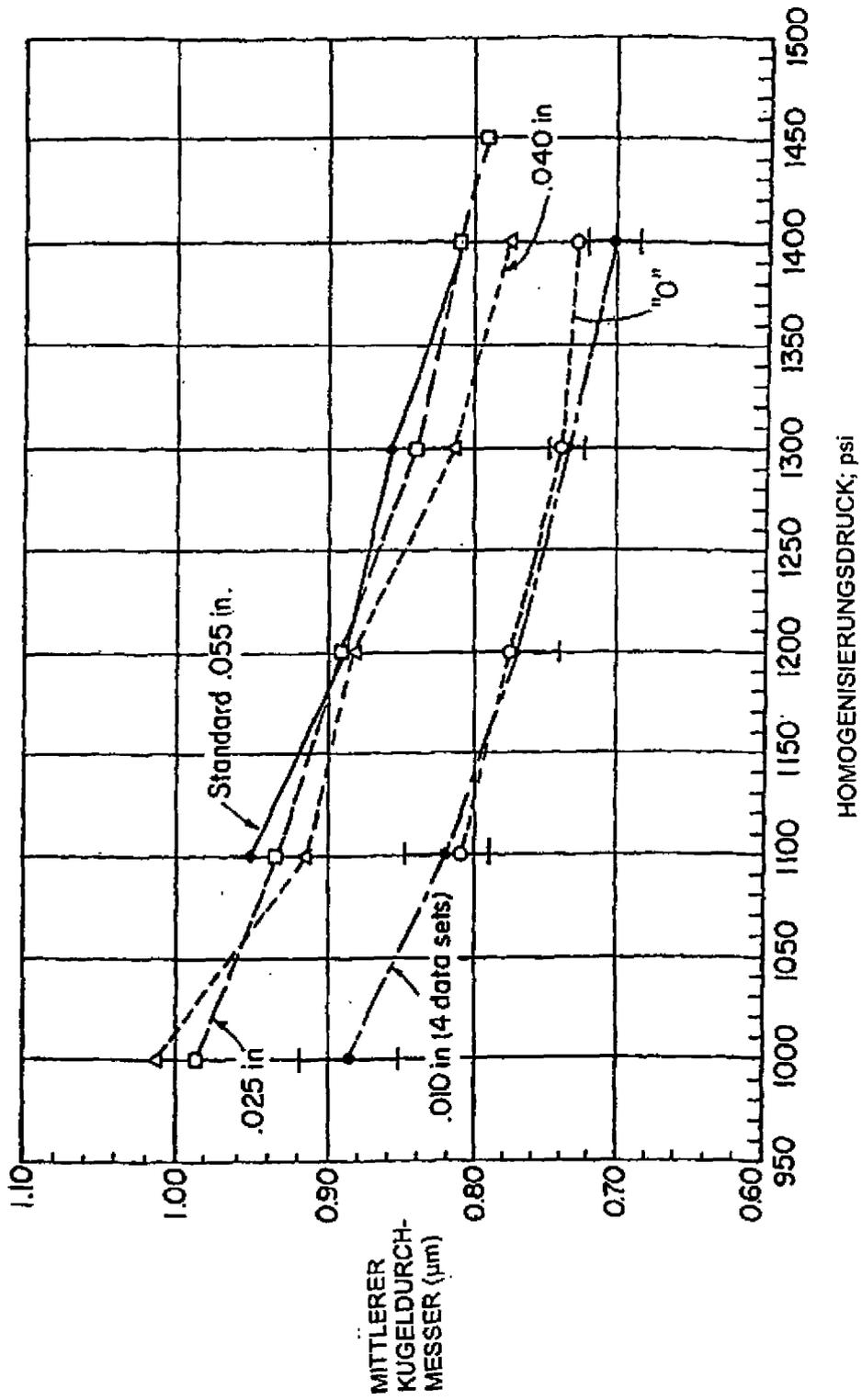


FIG. 7

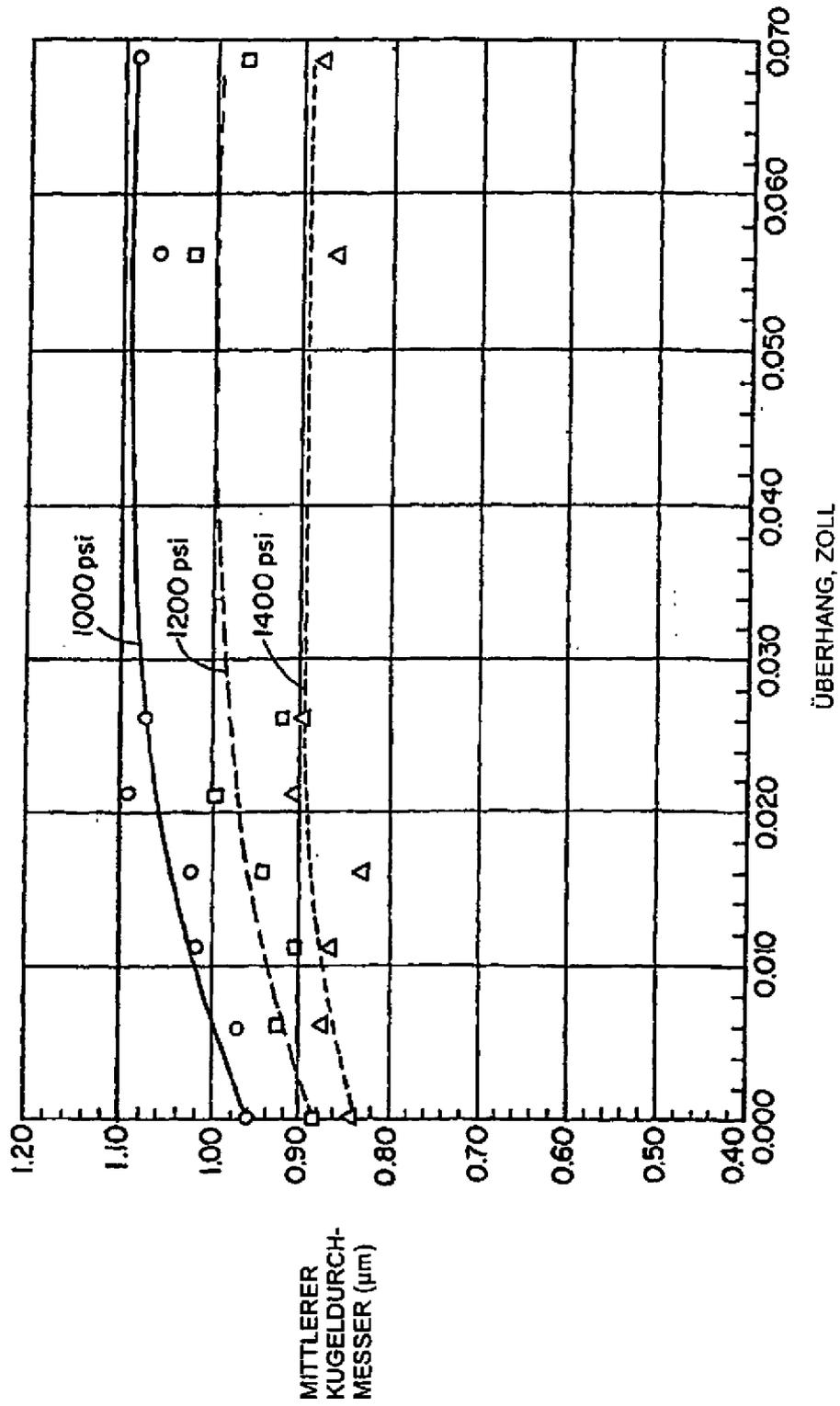


FIG. 8