

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: **A 328/2009**

(22) Anmeldetag: **27.02.2009**

(43) Veröffentlicht am: **15.03.2010**

(51) Int. Cl.<sup>8</sup>: **G01N 11/14 (2006.01),  
G01N 11/10 (2006.01)**

(73) Patentinhaber:

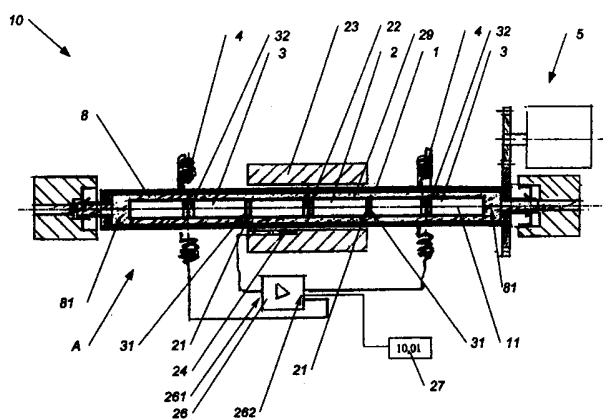
**LABOR FÜR MESSTECHNIK DR. HANS  
STABINGER GMBH  
A-8010 GRAZ (AT)**

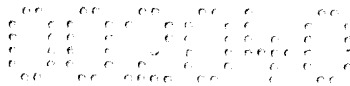
(72) Erfinder:

**STABINGER HANS DR.  
GRAZ (AT)  
HEIMEL HELMUT DR.  
GRAZ (AT)**

(54) **VISKOSIMETER**

(57) Bei einem Viskosimeter (10) mit einem mit einem Probenfluid (8) füllbaren Hohlzylinder (1) und einem im Inneren des Hohlzylinders (1) angeordneten Messzylinder (2), wobei der Innendurchmesser des Hohlzylinders (1) größer als der Außendurchmesser des Messzylinders (2) ist, und wobei der Messzylinder (2) rotierbar um eine Zentralachse (11) ist, wird zur einfachen, schnellen Messung bei hoher Genauigkeit auch bei niedrigviskosen Probenfluiden (8) vorgeschlagen, dass entlang der Zentralachse (11) im Inneren des Hohlzylinders (1) und beabstandet benachbart zu jeder beider Stirnseiten (21) des Messzylinders (2) jeweils ein weiteres Rotationselement (3) angeordnet ist, und dass die weiteren Rotationselemente (3) um die Zentralachse (11) rotierbar angeordnet sind.

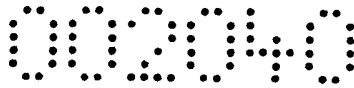




## Z U S A M M E N F A S S U N G

Bei einem Viskosimeter (10) mit einem mit einem Probenfluid (8) füllbaren Hohlzylinder (1) und einem im Inneren des Hohlzylinders (1) angeordneten Messzylinder (2), wobei der Innendurchmesser des Hohlzylinders (1) größer als der Außendurchmesser des Messzylinders (2) ist, und wobei der Messzylinder (2) rotierbar um eine Zentralachse (11) ist, wird zur einfachen, schnellen Messung bei hoher Genauigkeit auch bei niedrigviskosen Probenfluiden (8) vorgeschlagen, dass entlang der Zentralachse (11) im Inneren des Hohlzylinders (1) und beabstandet benachbart zu jeder beider Stirnseiten (21) des Messzylinders (2) jeweils ein weiteres Rotationselement (3) angeordnet ist, und dass die weiteren Rotationselemente (3) um die Zentralachse (11) rotierbar angeordnet sind.

(Fig. 1)



Die Erfindung betrifft ein Viskosimeter gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

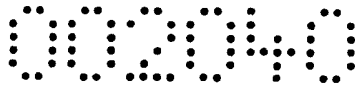
Viskosimeter werden zur Bestimmung der Viskosität des Probenfluids verwendet. Die Bestimmung der Viskosität von Flüssigkeiten, also dem Probenfluid, kann entweder in einem Kapillarviskosimeter durch Messung der Durchflussgeschwindigkeit durch Kapillaren oder in einem Rotationsviskosimeter durch Messung des Drehmoments, welches als Messdrehmoment bezeichnet werden kann, zwischen zwei Zylinderkörpern mit dazwischen befindlichem, flüssigkeitsdurchströmtem Spalt bei unterschiedlicher Drehzahl beider Zylinderkörper vorgenommen werden. Die Erfindung betrifft ein Rotationsviskosimeter. Ein Rotationsviskosimeter ist beispielsweise aus der AT 406 425 B bekannt.

Nachteilig beim herkömmlichen Rotationsviskosimeter, im weiteren kurz Viskosimeter genannt, ist, dass während des Messvorgangs im Probenfluid auf den Messzylinder wirkende Sekundärströmungen auftreten. Diese Sekundärströmungen üben auf den Messzylinder ein von der Dichte der Probe in komplizierter Weise abhängendes Stördrehmoment aus. Insbesondere bei kleiner Viskosität des Probenfluids erreicht dieses Stördrehmoment die Größenordnung des Messdrehmoments.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Viskosimeter der eingangs genannten Art anzugeben, mit welcher die genannten Nachteile vermieden werden können und mit welchem auch kleine Viskositäten einfach, schnell und mit hoher Genauigkeit messbar sind.

Erfindungsgemäß wird dies durch die Merkmale des Patentanspruches 1 erreicht.

Während der Messung rotieren die weiteren Rotationselemente mit ähnlicher oder gleicher Rotationsgeschwindigkeit und mit gleicher Rotationsrichtung wie der Messzylinder selbst. Vorteilhaft dabei ist, dass derart im Bereich des Messzylinders Sekundärströmungen deutlich vermindert bis hin zu vermieden werden können. Dadurch ergibt sich der Vorteil, dass die auf den Messzylinder wirkenden Stördrehmomente wesentlich reduziert und insbesondere gänzlich verhindert werden können. Vorteilhaft dabei ist, dass auf



den Messzylinder dabei lediglich das Messdrehmoment wirkt, welches in einfachem Zusammenhang mit der Viskosität der Probe steht. Derart kann die Viskosität des Probenfluids mit hoher Präzision bestimmt werden, wobei insbesondere auch bei den sonst nur schwierig messbaren Viskositäten eines niedrigviskosen Probenfluids eine hohe Messgenauigkeit gewährleistet werden kann. Die Messung, also die Bestimmung der Viskosität des Probenfluids, kann dabei weiterhin einfach, schnell und kostengünstig durchgeführt werden.

Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 10.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren anzugeben, mit welchem die, eingangs genannten Nachteile vermieden werden können und mit welchem mittels eines Viskosimeters, insbesondere mittels des erfindungsgemäßen Viskosimeters, die Viskosität des niedrigviskosen Probenfluids mit hoher Genauigkeit, einfach und schnell bestimmbar ist.

Erfindungsgemäß wird dies durch die Merkmale des Patentanspruches 10 erreicht.

Dabei wird die zweite Drehzahl  $n_2$  gemessen und die dritte Drehzahl  $n_3$  in Abhängigkeit der zweiten Drehzahl  $n_2$  derart geregelt, dass Sekundärströmungen im Bereich des Messzylinders deutlich vermindert beziehungsweise gänzlich vermieden werden. Insbesondere kann dazu vorgesehen sein, dass die dritte Drehzahl  $n_3$  zahlenwertmäßig gleich der zweiten Drehzahl  $n_2$  geregelt wird, wobei die Differenz der dritten Drehzahl  $n_3$  und der zweiten Drehzahl  $n_2$  null ist.

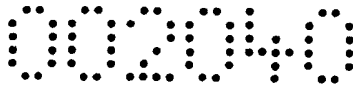
Die Unteransprüche, welche ebenso wie die Patentansprüche 1 und 10 gleichzeitig einen Teil der Beschreibung bilden, betreffen weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung.

Die Erfindung wird unter Bezugnahme auf die beigezeichneten Zeichnungen, in welchen lediglich bevorzugte Ausführungsformen beispielhaft dargestellt sind, näher beschrieben. Dabei zeigt:

Fig. 1 eine besonders bevorzugte erste Ausführungsform des Viskosimeters schematisch und in geschnittener Darstellung; und

Fig. 2 das Detail A des Viskosimeters gemäß Fig. 1.

Die Fig. 1 bis 2 zeigen zumindest Details eines Viskosimeters 10 mit einem mit einem Probenfluid 8 füllbaren Hohlzylinder 1 und einem im Inneren des Hohlzylinders 1

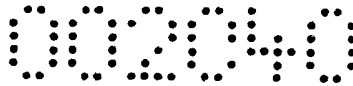


angeordneten Messzylinder 2, wobei der Innendurchmesser des Hohlzylinders 1 größer als der Außendurchmesser des Messzylinders 2 ist, und wobei der Messzylinder 2 rotierbar um eine Zentralachse 11 ist. Um die einfache, schnelle und hohe Genauigkeit bei der Ermittlung der Viskosität an Probenfluiden 8, welche insbesondere kleine Viskositäten aufweisen können, gewährleisten zu können, wird vorgeschlagen, dass entlang der Zentralachse 11 im Inneren des Hohlzylinders 1 und beabstandet benachbart zu jeder beider Stirnseiten 21 des Messzylinders 2 jeweils ein weiteres Rotationselement 3 angeordnet ist, und dass die weiteren Rotationselemente 3 um die Zentralachse 11 rotierbar angeordnet sind.

Vorteilhaft dabei ist, dass die eingangs als Sekundärströmungen bezeichneten Störströmungen im Bereich des Messzylinders 2 vermieden werden können, womit das Messergebnis von diesen Störströmungen deutlich geringer bis hin zu nicht beeinflusst werden. In überraschender Weise hat sich dabei gezeigt, dass dabei die Messgenauigkeit insbesondere bei Probenfluiden 8, also fluiden Proben, mit kleinen Viskositäten besonders hoch sein kann. Vorteilhaft dabei ist, dass derart das Viskosimeter besonders geeignet zur Bestimmung der Viskosität an Probenfluiden 8 gleichermaßen an Probenfluiden 8 mit geringer Viskosität sowie an Probenfluiden 8 mit mittlerer und hoher Viskosität geeignet ist. Derart kann das Viskosimeter zur hochgenauen Bestimmung der Viskosität des Probenfluids 8 über einen besonders breiten Viskositätsbereich in vorteilhafter Weise vorgesehen sein. Vorteilhaft dabei ist, dass ~~das Messergebnis dabei~~ – in überraschender Weise – ~~das~~ die Genauigkeit des Messergebnisses bei hochviskosen, mittelviskosen und insbesondere auch bei niedrigviskosen Probenfluiden 8 verbessert werden kann. Eine kleine, also geringe bzw. niedrige Viskosität des Probenfluids 8 ist in diesem Zusammenhang eine Viskosität unter  $10\text{mPa}\cdot\text{s}$ , insbesondere unter  $5\text{mPa}\cdot\text{s}$ .

Vorteilhaft dabei ist, dass möglicherweise weiterhin auftretende Sekundärströmungen hin zu vom Messzylinder 2 abliegenden Endbereichen 81 der weiteren Rotationselemente 3 verlagert werden können. Vorteilhaft dabei ist, dass diese Sekundärströmungen – sofern die weiteren Rotationselemente 3 eine ausreichende Länge aufweisen – den Messzylinder 2 und damit die Messung der Viskosität nicht beeinflussen.

Das Viskosimeter 10 kann insbesondere mit einem Verfahren zur Bestimmung der Viskosität des Probenfluids 8 mit dem Viskosimeter 10 betrieben werden, wobei der im Inneren des Hohlzylinders 1 angeordnete Messzylinder 2 regelbar mit einer zweiten Drehzahl  $n_2$  um eine Zentralachse 11 rotiert wird und die zweite Drehzahl  $n_2$  gemessen wird, wobei vorgesehen ist, dass im Inneren des Hohlzylinders 1 entlang der Zentralachse 11 und

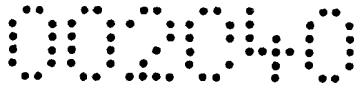


beabstandet benachbart zu jeder beider Stirnseiten 21 des Messzylinders 2 jeweils eines der weiteren Rotationselemente 3 um die Zentralachse 11, in Rotationsrichtung des Messzylinders 2 und regelbar mit einer dritten Drehzahl  $n_3$  rotiert wird, und dass die dritte Drehzahl  $n_3$  in Abhängigkeit der zweiten Drehzahl  $n_2$  geregelt wird.

Insbesondere kann das Viskosimeter 10 dabei derart betrieben werden, dass die dritte Drehzahl  $n_3$  zahlenwertmäßig gleich der zweiten Drehzahl  $n_2$  geregelt wird, wobei die Differenz von dritter Drehzahl  $n_3$  und zweiter Drehzahl  $n_2$  null ist. Dies kann als Synchronisieren der dritten Drehzahl  $n_3$  mit der zweiten Drehzahl  $n_2$  bezeichnet werden, wobei die Rotation der weiteren Rotationselemente 3 mit der Rotation des Messzylinders 2 synchronisiert wird und wobei der Messzylinder 2 und die weiteren Rotationselemente 3 mit der gleichen Rotationsgeschwindigkeit und Rotationsrichtung 7 laufen. Dabei wird gewährleistet, dass die Stirnflächen 21 des Messzylinders 2 und die jeweils benachbarten ersten Stirnflächen 31 rotieren. Dabei wird das im Zwischenraum zwischen einer der beiden Stirnflächen 21 des Messzylinders 2 und der jeweils benachbarten ersten Stirnflächen 31 angeordnete Probenfluid 8 mit der gleichen Rotationsgeschwindigkeit mitbewegt, womit in diesem Zwischenraum keine Relativströmungen relativ zur Stirnfläche 21 des Messzylinders 2 bzw. zur ersten Stirnfläche 31 auftreten. Derart können störende Sekundärströmungen, welche in diesem Sinn ebenfalls Relativströmungen darstellen würden, verhindert werden. In einem lokalen Bezugssystem, welches mit einer der beiden Stirnflächen 21 des Messzylinders 2 mitbewegt wird, können das benachbarte Probenfluid 8 und die dazu benachbarte erste Stirnfläche 31 ruhen.

Der Hohlzylinder 1, der Messzylinder 2 und die weiteren Rotationselemente 3 können insbesondere rotationssymmetrisch sein. Insbesondere können diese im Viskosimeter 10 rotationssymmetrisch um die Zentralachse 11 angeordnet sein. Die Zentralachse 11 kann dabei als Zentralachse 11 des Viskosimeters 10 bzw. als Rotationsachse des, zur Gruppe der Rotationsviskosimeter gehörigen, Viskosimeters 10 bezeichnet werden.

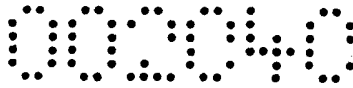
In Fig. 1 ist das erfindungsgemäße Viskosimeter 10 einer ersten Ausführungsform schematisch und geschnitten dargestellt. In Fig. 2 ist das Detail A der Fig. 1 schematisch und geschnitten dargestellt. Gemäß der ersten Ausführungsform kann das Viskosimeter, welches zur Gruppe der Rotationsviskosimeter gehört, neben den vorstehend genannten Bauteilen weiters eine Antriebseinheit 5 zum Antreiben des Hohlzylinders 1 umfassen. Mittels der Antriebseinheit 5 kann der Hohlzylinder 1 vorgebar mit einer ersten Drehzahl  $n_1$  oder – zeitlich hintereinander – mehreren ersten Drehzahlen  $n_1$  angetrieben um



die Zentralachse 11 rotiert werden, wozu der Hohlzylinder 1 mit einer ersten Drehzahl  $n_1$  um die Zentralachse 11 regelbar rotierbar ist. Wenn der Hohlzylinder 1 mit der ersten Drehzahl  $n_1$  rotiert wird und keine weiteren Kräfte auf das zur Messung im Hohlzylinder 1 befindliche Probenfluid 8, den Messzylinder 2 und die weiteren Rotationselemente 3 wirken, dann rotieren das Probenfluid 8, der Messzylinder 2 und die weiteren Rotationselemente 3 gleich wie der angetriebene Hohlzylinder 1, also mit derselben Rotationsgeschwindigkeit, also auch mit derselben Drehzahl, und in die gleiche Rotationsrichtung 7. Die erste Drehzahl kann mittels eines ersten Drehzahlsensors gemessen werden, welcher erste Drehzahlsensor insbesondere von der Antriebseinheit 5 umfasst sein kann. Dazu kann vorgesehen sein, dass der Messzylinder 2 mit einer zweiten Drehzahl  $n_2$  um die Zentralachse 11 regelbar rotierbar ist. Dazu kann weiters vorgesehen sein, dass die weiteren Rotationselemente 3 mit einer dritten Drehzahl  $n_3$  um die Zentralachse 11 regelbar rotierbar sind. Die Rotation der weiteren Rotationselemente 3 kann dabei insbesondere mittels einer Regeleinrichtung 26 geregelt werden.

Zur Bestimmung der Viskosität des Probenfluids 8 kann der Messzylinder 2 mit einer vorgebbaren Kraft gegenüber dem Hohlzylinder 1 gebremst werden, wobei sich eine von der Viskosität des Probenfluids 8 abhängige zweite Drehzahl  $n_2$  des Messzylinders 2 ausbildet. Diese Drehzahl  $n_2$  wird gemessen. Aus der Differenz der bekannten ersten Drehzahl  $n_1$  und der gemessenen zweiten Drehzahl  $n_2$  kann die Viskosität ermittelt und als Messwert ausgegeben werden. Am Ende der Bestimmung der Viskosität wird ein Messergebnis mittels einer Ausgabeneinrichtung oder einer Anzeigeneinrichtung 27 ausgegeben und/oder angezeigt, womit die Bestimmung der Viskosität auch als Messung der Viskosität bezeichnet werden kann, wobei die Viskosität indirekt gemessen wird, also erste Werte einer oder mehrerer physikalischer Größen direkt gemessen werden und die Viskosität basierend auf den ersten Werten ~~die Viskosität~~ ermittelt, insbesondere errechnet wird.

Beim herkömmlichen Viskosimeter wird die zweite Drehzahl  $n_2$  dabei beeinflusst sowohl durch ein Messdrehmoment, welches am Zylindermantel 29 des Messzylinders 2 angreift, und durch ein Stördrehmoment, welches durch im Bereich der beiden Stirnseiten 21 des Messzylinders 2 angreifende Sekundärströmungen bewirkt ist. Die Sekundärströmungen sind dabei im Wesentlichen Verwirbelungen und weisen einen komplizierten Zusammenhang mit den Geometrien des Hohlzylinders 1, des Messzylinders 2, der Viskosität und der Differenz von erster Drehzahl  $n_1$  und zweiter Drehzahl  $n_2$  auf.



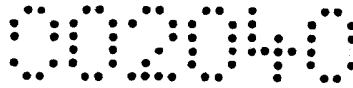
Beim erfindungsgemäßen Viskosimeter können diese Sekundärströmungen im Bereich der beiden Stirnseiten 21 des Messzylinders 2 durch aktive Regelung einer dritten Drehzahl  $n_3$  der weiteren Rotationselemente 3 minimiert bis hin zu gänzlich verhindert werden. In vorteilhafter Weise hängt dabei die zweite Drehzahl  $n_2$  des Messzylinders 2 dabei im Wesentlichen lediglich vom am Zylindermantel 29 des Messzylinders 2 angreifenden Messdrehmoment ab und die Viskosität kann mittels einfacher Formelzusammenhänge bestimmt werden, wobei die Bestimmung besonders einfach, besonders schnell und besonders exakt gewährleistet werden kann.

Der Messzylinder 2 kann entlang der Zentralachse 11 ungelagert, also lagerungsfrei, angeordnet sein. Derart kann der Messzylinder 2 frei im Probenfluid 8 schwimmen und kann bei Rotation insbesondere selbstzentrierend entlang der Zentralachse 11 sein. Auch die weiteren Rotationselemente 3 können entlang der Zentralachse 11 ungelagert, also lagerungsfrei, angeordnet sein. Derart können die weiteren Rotationselemente 3 frei im Probenfluid 8 schwimmen und können bei Rotation insbesondere selbstzentrierend entlang der Zentralachse 11 sein.

Inbesondere kann vorgesehen sein, dass eine erste Stirnfläche 31 des weiteren Rotationselementes 3 dem Messzylinder 2 zugewandt ist, und dass der Durchmesser der ersten Stirnflächen 31 des Rotationselementes 3 gleich dem Außendurchmesser des Messzylinders 2 ist. Vorteilhaft dabei ist, dass erste Stirnfläche 31 und Stirnfläche 21 des Messzylinders 2, welche auch als Messzylinderstirnfläche bezeichnet werden kann, beabstandet benachbart angeordnet sein können. Der Abstand zwischen der ersten Stirnfläche 31 und der dazu benachbarten Stirnfläche 21 des Messzylinders 2 kann in vorteilhafter Weise insbesondere zwischen 5% und 50% des Durchmessers des Messzylinders 2 betragen. Vorteilhaft dabei ist, dass sowohl gewährleistet werden kann, dass sich Messzylinders 2 und das benachbarte weitere Rotationselement 3 weder berühren, noch dass sich Sekundärströmungen im Zwischenraum zwischen dem Messzylinder 2 und dem weiteren Rotationselement 3 ausbilden.

In diesem Zusammenhang kann insbesondere vorgesehen sein, dass erste Stirnfläche 31 und die Stirnseiten 21 eben ausgebildet sind. In vorteilhafter Weise können dabei die erste Stirnfläche 31 und die dazu benachbarte Stirnfläche 21 des Messzylinders 2 zueinander parallel angeordnet sein.

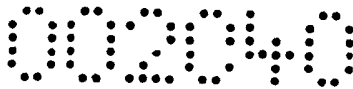
Weiters kann vorgesehen sein, dass die weiteren Rotationselemente 3 zylindrisch ausgebildet sind, wobei die weiteren Rotationselemente 3 hierbei als weitere



Rotationszylinder bezeichnet werden können. Dabei können die weiteren Rotationselemente 3 eine Länge zwischen 40% und 150% der Länge des Messzylinders 2 aufweisen, wobei die Längen dabei in Richtung der Zentralachse 11 gemessen werden. Insbesondere können die weiteren Rotationselemente 3 die gleiche Länge wie der Messzylinder 2 aufweisen, womit die weiteren Rotationselemente 3 in vorteilhafter Weise gleich dem Messzylinder 2 ausgebildet sein können, wie dies schematisch in Fig. 1 dargestellt ist. In vorteilhafter Weise hat sich dabei gezeigt, dass die Messgenauigkeit besonders hoch sein kann, wobei hiebei die weiteren Rotationselemente 3 eine ausreichende Länge und eine hohe Rotationsstabilität aufweisen.

In besonders vorteilhafter Weise können der Messzylinder 2 und die weiteren Rotationselemente 3 jeweils vollständig vom Probenfluid 8 umgebbar im Inneren des Hohlzylinders 1 angeordnet sein. Die vollständige Umgebbarkeit kann dabei durch die lagerungsfreie und – wenigstens während der Messung – im Wesentlichen selbstzentrierende Anordnung der weiteren Rotationselemente 3 und des Messzylinders 2 gewährleistet werden.

Bei der ersten Ausführungsform des Viskosimeters ist vorgesehen, dass eine dritte Drehzahl  $n_3$  der Rotation der weiteren Rotationselemente 3 um die Zentralachse 11 regelbar ist. Diese Regelung erfolgt dabei – wie schematisch in Fig. 1 und 2 dargestellt – mittels des Zusammenwirkens einer Spulenanordnung 4 mit einer – beispielsweise als Dauermagneten 32 ausgebildeten – Interaktionseinrichtung. Jeweils eine Interaktionseinrichtung ist dabei jeweils von einem weiteren Rotationselement 3 umfasst. Die Interaktionseinrichtung ist dabei zur Interaktion mit der Spulenanordnung 4 ausgebildet. Die Spulenanordnung 4 ist zur Erzeugung eines Magnetfelds ausgebildet, welches Magnetfeld die dritte Drehzahl  $n_3$  des weiteren Rotationselements 3 regeln kann. Mittels der Spulenanordnung 4 kann das weitere Rotationselement 3 gebremst oder angetrieben werden. Sofern kein auf die Interaktionseinrichtung wirkendes Magnetfeld von der Spulenanordnung 4 generiert wird, kann das weitere Rotationselement 3 regelungsfrei mit dem Hohlzylinder 2 und/oder dem Messzylinder 2 mitrotieren. Vorteilhaft dabei ist, dass mittels der aktiven Regelung der dritten Drehzahl  $n_3$  Sekundärströmungen im Bereich der Stirnflächen 21 des Messzylinders 2 mit hoher Zuverlässigkeit vermieden werden können. Hierzu kann insbesondere vorgesehen sein, dass die weiteren Rotationselemente 3 jeweils zumindest einen normal zur Zentralachse 11 gerichteten Dauermagneten 32 aufweisen, und dass umlaufend um jedes der weiteren Rotationselemente 3 eine wenigstens eine Spule umfassende Spulenanordnung 4 angeordnet ist.



Sofern vorgesehen ist, während der Messung die weiteren Rotationselemente 3 lediglich zu bremsen, kann vorgesehen sein, dass anstatt der Spulenordnung 4 eine Bremsvorrichtung ausgebildet ist, mittels welcher die weiteren Rotationselemente 3 kontaktfrei – beispielsweise mittels Wirbelströme – bremsbar sind. Dieses Bremsen kann äquivalent zur Wirbelstrombremsung des Messzylinders 2 erfolgen.

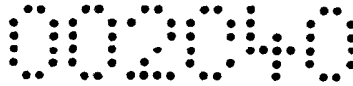
Die den Messzylinder 2 bremsende Kraft kann mittels einer Bremseinrichtung 23 aufgebracht und kontaktfrei – beispielsweise magnetisch – übertragen werden. Hierzu kann ein erster Dauermagnet 22 vom Messzylinder 2 umfasst sein und die Bremseinrichtung 23 kann eine Magnetfelderzeugungseinrichtung, insbesondere eine oder mehrere Spulen, umfassen.

Bei einer – nicht dargestellten – zweiten Ausführungsform der Brems- einrichtung 23 kann vorgesehen sein, dass die bremsende Kraft mittels Wirbelströmen in einem vom Messzylinder 2 umfassten Wirbelstromkörper aufgebracht wird.

Die zweite Drehzahl  $n_2$  kann mittels eines zweiten Drehzahlsensors 24 gemessen werden. Der zweite Drehzahlsensor 24 kann beispielsweise als Hallsonde ausgebildet sein. Die dritte Drehzahl  $n_3$  kann mittels eines dritten Drehzahlsensors gemessen werden. Der dritte Drehzahlsensor kann ebenfalls als Hallsonde ausgebildet sein. Die Regeleinrichtung 26 kann in vorteilhafter Weise eingangsseitig, also an Regeleinrichtungseingängen 261, mit dem zweiten Drehzahlsensor 24 verbunden sein. Die Regeleinrichtung 26 kann in vorteilhafter Weise eingangsseitig weiters mit dem dritten Drehzahlsensor verbunden sein. Ausgangsseitig kann die Regeleinrichtung 26 in vorteilhafter Weise ~~Ausgangsseitig~~, also an Regeleinrichtungsausgängen 262, mit der Spulenordnung 4 verbunden sein. Die Regeleinrichtung 26 kann in einer dritten Ausführungsform des Viskosimeters 10 ausgangsseitig mit der Bremseinrichtung 23 verbunden sein. An einen der Regelungseinrichtungsausgänge 262 der Regelungseinrichtung 26 kann auch die Anzeigeneinrichtung 27 angeschlossen sein. Dabei kann die Regelungseinrichtung 26 auch die Funktion einer Auswerteeinrichtung mit übernehmen.

Das Probenfluid 8 kann flüssig oder gasförmig vorliegen. Das Probenfluid 8 kann gemischfrei, also als lediglich ein Fluid, als Gemisch mehrerer Fluide und/oder als Suspension vorliegen.

Zwischen dem Messzylinder 2 und den weiteren Rotationselementen 3 kann ein selbststabilisierender Regelkreis ausgebildet sein. Der selbststabilisierende Regelkreis misst in vorgebar gleichen Zeitabständen die zweite Drehzahl  $n_2$  und regelt die dritte



Drehzahl  $n_3$  innerhalb dieser Zeitabstände nach. Da dabei die zweite Drehzahl  $n_2$  konstant bleibt, also über mehrere unmittelbar aufeinander folgende der Zeitabstände, rotieren Messzylinder 2 und die weiteren Rotationselemente 3 stabil mit konstanter Rotationsgeschwindigkeit. Dies kann in vorteilhafter Weise als Indikator hierfür verwendet werden, dass die hochpräzise Messung am Probenfluid 8 möglich ist. Insbesondere kann die dabei konstante zweite Drehzahl  $n_2$  zur Bestimmung der Viskosität des Probenfluids 8 herangezogen werden und mittels dieser konstanten zweiten Drehzahl  $n_2$  und der konstanten ersten Drehzahl  $n_1$  die Viskosität des Probenfluids 8 bestimmt und angezeigt und/oder ausgegeben werden.

Jedes der weiteren Rotationselemente 3 kann mehrteilig ausgebildet sein und kann beispielsweise mehrere Einzelzylinder umfassen.

Weitere erfindungsgemäße Ausführungsformen weisen lediglich einen Teil der beschriebenen Merkmale auf, wobei jede Merkmalskombination, insbesondere auch von verschiedenen beschriebenen Ausführungsformen, vorgesehen sein kann.

Patentansprüche:

GIBLER & POTH  
Patentanwälte OEG  
Dorotheergasse 7 – A-1010 Wien – patent@aon.at  
Tel: +43 (1) 512 10 98 – Fax: +43 (1) 513 47 76

31432/gg

## P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Viskosimeter (10) mit einem mit einem Probenfluid (8) füllbaren Hohlzylinder (1) und einem im Inneren des Hohlzylinders (1) angeordneten Messzylinder (2), wobei der Innendurchmesser des Hohlzylinders (1) größer als der Außendurchmesser des Messzylinders (2) ist, und wobei der Messzylinder (2) rotierbar um eine Zentralachse (11) ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass entlang der Zentralachse (11) im Inneren des Hohlzylinders (1) und beabstandet benachbart zu jeder beider Stirnseiten (21) des Messzylinders (2) jeweils ein weiteres Rotationselement (3) angeordnet ist, und dass die weiteren Rotationselemente (3) um die Zentralachse (11) rotierbar angeordnet sind.
2. Viskosimeter nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine erste Stirnfläche (31) des weiteren Rotationselementes (3) dem Messzylinder (2) zugewandt ist, und dass der Durchmesser der ersten Stirnflächen (31) des Rotationselementes (3) gleich dem Außendurchmesser des Messzylinders (2) ist.
3. Viskosimeter nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass erste Stirnfläche (31) und die Stirnseiten (21) eben ausgebildet sind.
4. Viskosimeter nach Anspruch 1, 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die weiteren Rotationselemente (3) zylindrisch ausgebildet sind.
5. Viskosimeter nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Messzylinder (2) und die weiteren Rotationselemente (3) jeweils vollständig vom Probenfluid (8) umgebbar sind.
6. Viskosimeter nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Hohlzylinder (1) mit einer ersten Drehzahl  $n_1$  um die Zentralachse (11) regelbar rotierbar ist.

7. Viskosimeter nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Messzylinder (2) mit einer zweiten Drehzahl  $n_2$  um die Zentralachse (11) regelbar rotierbar ist.
8. Viskosimeter nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die weiteren Rotationselemente (3) mit einer dritten Drehzahl  $n_3$  um die Zentralachse (11) regelbar rotierbar sind.
9. Viskosimeter nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die weiteren Rotationselemente (3) jeweils zumindest einen normal zur Zentralachse (11) gerichteten Dauermagneten (32) aufweisen, und dass umlaufend um jedes der weiteren Rotationselemente (3) eine Spulenanordnung (4) angeordnet ist.
10. Verfahren zur Bestimmung der Viskosität eines Probenfluids (8) mit einem Viskosimeter (10), wobei ein im Inneren eines Hohlzylinders (1) angeordneter Messzylinder (2) regelbar mit einer zweiten Drehzahl  $n_2$  um eine Zentralachse (11) rotiert wird und die zweite Drehzahl  $n_2$  gemessen wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Inneren des Hohlzylinders (1) entlang der Zentralachse (11) und beabstandet benachbart zu jeder beider Stirnseiten (21) des Messzylinders (2) jeweils ein weiteres Rotationselement (3) um die Zentralachse (11), in Rotationsrichtung des Messzylinders (2) und regelbar mit einer dritten Drehzahl  $n_3$  rotiert wird, und dass die dritte Drehzahl  $n_3$  in Abhängigkeit der zweiten Drehzahl  $n_2$  geregelt wird.
11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die dritte Drehzahl  $n_3$  zahlenwertmäßig gleich der zweiten Drehzahl  $n_2$  geregelt wird.

Der Patentanwalt:

GIBLER & POTH  
Patentanwälte OEG  
Dorotheergasse 7 - A-1010 Wien - patent@aon.at  
Tel: +43 (1) 512 10 98 - Fax: +43 (1) 513 47 76



