



(10) **AT 515219 A4 2015-07-15**

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50128/2014 (51) Int. Cl.: **G01N 11/16** (2006.01)  
(22) Anmeldetag: 20.02.2014  
(43) Veröffentlicht am: 15.07.2015

(56) Entgegenhaltungen:  
US 2001049967 A1  
DE 10214756 A1  
WO 2007039191 A1  
DE 4309530 A1  
DE 102011001245 A1  
DE 102011001244 A1

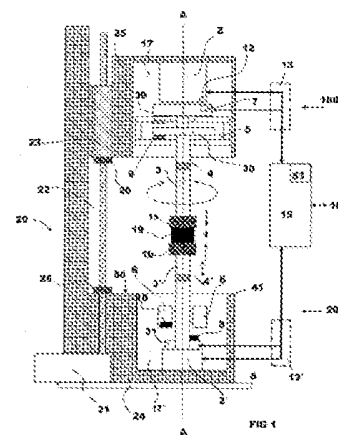
(71) Patentanmelder:  
ANTON PAAR GMBH  
8054 GRAZ-STRASSGANG (AT)

(74) Vertreter:  
WILDHACK & JELLINEK PATENTANWÄLTE  
OG  
WIEN

(54) **Verfahren zur Ermittlung für Messdaten von Proben und Rheometer**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ermittlung für Messdaten von Proben (19), insbesondere mit viskoelastischem Verhalten, unter Einsatz eines Rotationsrheometers (100) und einer linearen DM(T)A-Analyseeinheit (200), wobei das Rotationsrheometer (100) zumindest Einheiten zur Messung und/oder zur Einstellung der von der oder auf die Messwelle (3) ausgeübten Normalkraft (9) und/oder der Drehzahl und/oder des Auslenkwinkels und/oder des Drehmoments (12) der Messwelle (3) und die lineare DM(T)A-Analyseeinheit (200) zumindest Einheiten zur Messung der Zug- und/oder Druckkraft und/oder der Position und/oder der Vorschubbewegung (9') seiner Stellstange (3') aufweist, wobei die Messwelle (3) des Rotationsrheometers (100) in einem Lager (5) rotierbar und die Stellstange (3') der linearen DM(T)A-Analyseeinheit (200) in einem Lager (5') linear verstellbar gelagert werden und wobei die zu untersuchende Probe (19) zwischen einander gegenüber liegenden Messteilen (1a, 1b) angeordnet wird, von denen der eine Messteil (1a) von der Messwelle (3) und der andere Messteil (1b) von der Stellstange (3') getragen wird. Erfindungsgemäß ist vorgesehen,

dass im Zuge der Aufnahme der Messdaten durch die lineare DM(T)A-Analyseeinheit (200) die von der Messwelle (3) des Rotationsrheometers (100) auf die Stellstange (3') der linearen DM(T)A-Analyseeinheit (200) über die Probe (19) übertragenen Rotationskräfte bzw. Drehmomente und im Zuge der Aufnahme der Messdaten durch das Rotationsrheometer (100) die von der Stellstange (3') über die Probe (19) auf die Messwelle (3) ausgeübten Zug- oder Druckkräfte bzw. linearen Verstellkräfte bei der Ermittlung und/oder Auswertung der Messdaten kompensiert werden.



AT 515219 A4 2015-07-15

Zusammenfassung:

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ermittlung für Messdaten von Proben (19), insbesondere mit viskoelastischem Verhalten, unter Einsatz eines Rotationsrheometers (100) und einer linearen DM(T)A-Analyseeinheit (200), wobei das Rotationsrheometer (100) zumindest Einheiten zur Messung und/oder zur Einstellung der von der oder auf die Messwelle (3) ausgeübten Normalkraft (9) und/oder der Drehzahl und/oder des Auslenkwinkels und/oder des Drehmoments (12) der Messwelle (3) und die lineare DM(T)A-Analyseeinheit (200) zumindest Einheiten zur Messung der Zug- und/oder Druckkraft und/oder der Position und/oder der Vorschubbewegung (9') seiner Stellstange (3') aufweist, wobei die Messwelle (3) des Rotationsrheometers (100) in einem Lager (5) rotierbar und die Stellstange (3') der linearen DM(T)A-Analyseeinheit (200) in einem Lager (5') linear verstellbar gelagert werden und wobei die zu untersuchende Probe (19) zwischen einander gegenüber liegenden Messteilen (1a, 1b) angeordnet wird, von denen der eine Messteil (1a) von der Messwelle (3) und der andere Messteil (1b) von der Stellstange (3') getragen wird. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass im Zuge der Aufnahme der Messdaten durch die lineare DM(T)A-Analyseeinheit (200) die von der Messwelle (3) des Rotationsrheometers (100) auf die Stellstange (3') der linearen DM(T)A-Analyseeinheit (200) über die Probe (19) übertragenen Rotationskräfte bzw. Drehmomente und im Zuge der Aufnahme der Messdaten durch das Rotationsrheometer (100) die von der Stellstange (3') über die Probe (19) auf die Messwelle (3) ausgeübten Zug- oder Druckkräfte bzw. linearen Verstellkräfte bei der Ermittlung und/oder Auswertung der Messdaten kompensiert werden.

(Fig. 1)

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ermittlung von Messdaten von Proben gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1. Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Rheometer gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 13, das insbesondere geeignet ist, das erfindungsgemäße Verfahren durchzuführen.

Rheometer sind Instrumente zur Bestimmung des Fließverhaltens insbesondere von viskoelastischen Proben. Bekannte Verfahren zur Bestimmung des Fließverhaltens sind beispielsweise Rotations-, Kriech-, Relaxions- und Oszillationsversuche. Mittels eines Rheometers werden auch Festkörper im Oszillationsversuch untersucht. Solche Untersuchungen werden dynamisch-mechanische Analysen genannt.

Die dynamisch-mechanische Analyse wird auch zur Bestimmung der viskoelastischen Eigenschaften von Kunststoffen und anderen Werkstoffen herangezogen. Durch Aufbringung unterschiedlicher Spannungszustände können Werkstoffeigenschaften wie Speichermodul und Verlustmodul (komplexer Modul) in Abhängigkeit der Temperatur, Frequenz und weiteren Abhängigkeitsgrößen bestimmt werden.

Bei der dynamisch-mechanischen Analyse (DMA), oder auch dynamisch-mechanische Thermoanalyse (DMTA) genannt, werden geringe sinusförmige, mechanische Beanspruchungen auf einem Prüfkörper aufgebracht. Bei rein elastischem Verhalten einer Probe tritt keine zeitliche Phasenverschiebung zwischen Krafteinwirkung und Antwortsignal auf. Bei rein viskosem Verhalten, wie es bei sogenannten Newtonschen Flüssigkeiten auftritt, kann eine Phasenverschiebung von exakt  $90^\circ$  festgestellt werden. Bei viskoelastischen Proben, wie Kunststoffen, können eine Phasenverschiebung und somit elastische aber auch viskose Eigenschaften gemessen werden.

Anhand der dynamisch-mechanischen Analyse kann ein sehr breites Feld an unterschiedlichen Werkstoffen mit unterschiedlichen Eigenschaften untersucht werden. Um ein möglichst großes Feld an Eigenschaften abzudecken, werden unterschiedlichste Beanspruchungsarten wie Zug, Druck, Biegung oder Torsion eingesetzt. Somit können Messaufbauten für Werkstoffe mit niedrigen Modulwerten, wie sie bei Elastomeren auftreten, und hohe Modulwerten, wie sie bei Verbundwerkstoffen auftreten, mit den limitierenden Kraft- und Wegbereichen der Messgeräte realisiert werden.

Werkstoffproben mit kleinen Querschnitten werden typischerweise in Zugbeanspruchung gemessen, um eine ausreichende Kraftauflösung zu erreichen. Aufgrund der hohen Empfindlichkeit und Genauigkeit der DMTA-Messung in Torsion werden Thermoplaste

bevorzugt in diesem Modus gemessen. Wegen der anisotropen Eigenschaften von Verbundwerkstoffen werden diese fast ausschließlich im Biegemodus analysiert. Werkstoffe mit niedrigen Modulwerten, wie bei Elastomeren, werden typischerweise in Druck oder Scherung gemessen.

Ziel der Erfindung ist die Erstellung eines Verfahrens und eines Rheometers, mit dem eine Vielzahl von unterschiedlichen Parametern, insbesondere gleichzeitig oder zeitnah hintereinander, an ein und derselben Probe gemessen werden können. Des Weiteren soll ein derartiges Rheometer konstruktiv einfach aufgebaut sein und die ermittelten Messwerte mit höchster Genauigkeit ermitteln. Des Weiteren werden eine einfache Bedienbarkeit und Umrüstbarkeit angestrebt.

Diese Ziele werden bei einem Verfahren der eingangs genannten Art mit den Merkmalen des Kennzeichens des Patentanspruchs 1 erreicht. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass im Zuge der Aufnahme der Messdaten durch die lineare DM(T)A-Analyseeinheit die von der Messwelle des Rotationsrheometers auf die Stellstange der linearen DM(T)A-Analyseeinheit über die Probe übertragenen Rotationskräfte bzw. Drehmomente und im Zuge der Aufnahme der Messdaten durch das Rotationsrheometer die von der Stellstange über die Probe auf die Messwelle ausgeübten Zug- oder Druckkräfte bzw. linearen Verstellkräfte bei der Ermittlung und/oder Auswertung der Messdaten kompensiert werden.

Ein erfindungsgemäßes Rheometer ist mit den Merkmalen des Kennzeichens des Patentanspruchs 13 charakterisiert. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass das Rheometer zumindest eine Kompensationseinheit umfasst, mit der im Zuge der Aufnahme bzw. Ermittlung von Messdaten mit der DM(T)A-Analyseeinheit die von der Messwelle des Rotationsrheometers auf die Stellstange der linearen DM(T)A-Analyseeinheit über die Probe ausgeübten Drehmomente und mit der im Zuge der Aufnahme von Messdaten mit dem Rotationsrheometer die von der Stellstange über die Probe auf die Messwelle ausgeübten Druckkräfte kompensierbar sind.

Erfindungsgemäß ist somit eine Kombination von einem Rotationsrheometer mit integrierter Drehmomentmessung und gegebenenfalls Normalkraftmessung mit einer linearen DM(T)A-Analyseeinheit mit einem Linearmotor mit integrierter Kraftmessung vorgesehen. Das erfindungsgemäße Rotationsrheometer kann modulartig aufgebaut sein, wobei das Rheometer und die DM(T)A-Analyseeinheit modular austauschbar im Gestell bzw. Gehäuse des Rheometers angeordnet sein können. Es ist erfindungsgemäß

möglich, innerhalb eines Messvorgangs den komplexen Schubmodul und den komplexen Elastizitätsmodul an ein und derselben Probe, insbesondere gleichzeitig, zu bestimmen, ebenso wie die Querkontraktion einer Probe in Abhängigkeit von Temperatur und Feuchte. Schub- und Elastizitätsmodul können so zu identen Bedingungen in Abhängigkeit von Temperatur und/oder Frequenz und/oder Amplitude der Oszillation bestimmt werden, ohne dass irreversible Effekte der Probe die Messung stören. Strukturelle Änderungen der Probe durch die Versuchsbedingungen sind damit für beide Messungen ident. Möglich ist daher auch die Bestimmung der Poissonzahl im Zuge einer einzigen Messung zeitgleich oder in unmittelbar hintereinander durchgeführten Messungen an ein und derselben Probe, wobei abwechselnd Torsion und Zug bzw. Druck gemessen werden. Möglich wird diese Vorgangsweise bei höchster Genauigkeit durch die Kompensation der gegenseitigen Kraftbeeinflussungen von Rotationsrheometer und linearer DM(T)A-Analyseeinheit.

Es ist des Weiteren möglich, das Rotationsrheometer oder die DM(T)A-Analyseeinheit beliebig oben oder unten in das Rheometer einzubauen. Ferner werden Fehler beim Messen der Parameter minimiert, da sämtliche Messungen entweder gleichzeitig oder unmittelbar hintereinander an ein und derselben Probe vorgenommen werden können und Veränderungen der Probe über kurze Zeitpannen hinweg vernachlässigt werden können bzw. überhaupt nicht eintreten.

Bei einer bekannten Möglichkeit der Ermittlung der Poissonzahl werden zylindrische Proben in uniaxiale Frequenzen angeregt und die Amplituden der axialen und lateralen Ausdehnung und deren Phasenverschiebung werden gemessen. Die Schwierigkeit liegt in der Messung der lateralen Ausdehnung mithilfe von berührungslosen Sensoren und in der Bestimmung der Phasenverschiebung. Da die Phasenverschiebung sehr klein ist und direkt mit der Poissonzahl zusammenhängt, ist der Fehler derartiger Messung groß. Aus diesem Grund können Proben mit kleinen Phasenwinkeln mit dieser Methode nicht mehr analysiert werden.

Eine weitere bekannte Messmethode der Poissonzahl beruht auf sogenannten Sekundäreffekten beispielsweise auf Messung des komplexen Moduls und der dynamischen Steifigkeit. Einen starken Einfluss auf das Ergebnis dieser Methode zeigt der Geometriefaktor der Probe. Aufgrund von unzureichenden Kenntnissen über diesen Geometrieinfluss ist diese Methode jedoch stark limitiert. Eine weitere bekannte Sekundärmethode ist die Vermessung der Ausbreitung von Wellen in axialer Richtung bei Stabproben. Diese Methode ist bezüglich des Frequenzbereichs stark begrenzt.

Die weitere Möglichkeit der Bestimmung der Poissonzahl ist die Methode der Messung von zwei Modulwerten. Es ist bekannt, dass unterschiedliche Modulwerte, wie z.B. der komplexe Schubmodul und der komplexe Elastizitätsmodul, mit der Poissonzahl zusammenhängen; im Falle von Schubmodul und Elastizitätsmodul durch folgende Formel:

$$\nu = \frac{E}{2 * G} - 1$$

Die Bestimmung der komplexen Modulwerte wird üblicherweise mit der dynamisch-mechanischen Analyse durchgeführt. Nach Durchführung der einzelnen Messungen (Bestimmung von E und G) kann die Poissonzahl ermittelt werden. Da jede Messung einzeln durchgeführt werden muss und das Gerät dafür umgebaut oder ein weiteres Gerät hinzugezogen werden muss, ist der Messaufwand sehr groß. Ein weiterer Nachteil dieser Methode ist, dass die Bestimmung nicht anhand einer einzigen Probe durchgeführt werden kann. Der dadurch entstehende Fehlereinfluss aufgrund nicht exakt homogener Probenkörper mit gleichen Abmessungen wirkt sich stark auf die errechnete Poissonzahl aus. Zusätzlich ist der hohe Materialverbrauch aufgrund von mindestens zwei Proben bei geringer Materialverfügbarkeit, wie es in der Synthesechemie häufig der Fall ist, ein großer Nachteil. Ferner treten zwischen den Messungen Veränderungen in der Probe ein. Erfindungsgemäß werden diese Nachteile durch die gleichzeitige oder zeitnahe Vermessung derselben Probe vermieden und es wird eine exakte Bestimmung der Poissonzahl möglich.

Weitere Vorteile der Erfindung bestehen darin, dass bei dem eingesetzten Linearmotor ein längerer Verschiebeweg der Stellstange möglich wird, da Messungen mit der DMTA-Analyseeinheit und dem Rotationsrheometer unabhängig voneinander erfolgen können und keine Begrenzung durch eine Drehmomentmessung erfolgt.

Wesentliche Probleme werden erfindungsgemäß beseitigt, nämlich, dass die Verstellung der Stellstange des Linearmotors die Lagerung der Messwelle bzw. die Position der Messwelle des Rotationsrheometers höhenmäßig beeinflusst, woraus sich Fehler ergeben können, sowie dass die Rotation des Messmotors des Rotationsrheometers, der die Messwelle antreibt, über die Probe die Stellstange des Linearmotors der DM(T)A-Analyseeinheit zu einer Drehbewegung antreibt, welcher Drehbewegung die Stellstange des Linearmotors folgen würde, weil die Stellstange des Linearmotors lediglich in Längsrichtung steif gelagert ist. Das wesentliche Ziel der Erfindung, die gegenseitige Beeinflussung des Rotationsrheometers und der linearen DM(T)A-Analyseeinheit

auszuschalten, um exakte Messwerte zu erhalten, wird erfindungsgemäß mit den bereits genannten Merkmalen der Ansprüche 1 und 13 erreicht. Durch diese Vorgangsweise wird die Empfindlichkeit des erfindungsgemäßen Rheometers beträchtlich erhöht bzw. werden die erreichten Messwerte mit höchster Genauigkeit zur Verfügung gestellt.

Ganz allgemein wird bemerkt, dass das erfindungsgemäß eingesetzte Rotationsrheometer den üblichen bzw. bekannten, vielfältigen Aufbau von bekannten Rotationsrheometern besitzt, d.h. auch über einen Mess- bzw. Antriebsmotor, der eine in hochexakten Luftlagern gelagerte Messwelle mit vorgegebenen Drehmomenten, Drehzahlen oder Oszillationen antreibt. Vergleichbares gilt für die erfindungsgemäß eingesetzte, lineare DM(T)A-Analyseeinheit, welche ebenfalls alle für derartige Analyseeinheiten aus dem Stand der Technik bekannten Merkmale aufweisen kann. Wesentlich für die Erfindung ist es, die beiden Geräte, nämlich ein Rotationsrheometer und eine lineare DM(T)A-Analyseeinheit zu einem gemeinsamen Rheometer zu kombinieren, um die erfindungsgemäßen Vorteile zu erhalten.

Vorteilhaft wird das erfindungsgemäße Verfahren derart geführt, dass im Zuge der Ermittlung der Messdaten das Rotationsrheometer und die DM(T)A-Analyseeinheit gemeinsam in Betrieb gesetzt werden und die Messdaten der Probe mit dem Rotationsrheometer und der DM(T)A-Analyseeinheit unmittelbar hintereinander jeweils abwechselnd oder gleichzeitig aufgenommen werden. Insbesondere wird bei dieser Vorgangsweise eine Veränderung der Probe während unmittelbar aufeinanderfolgenden Messungen vermieden werden. Durch eine gleichzeitige Messung wird die Poissonzahl mit höchster Genauigkeit ermittelt.

Wenn Messdaten mit dem Rotationsrheometer gegebenenfalls gleichzeitig mit der DM(T)A-Analyseeinheit ermittelt werden, ist es von Vorteil, wenn bei der Ermittlung der Messdaten mit dem Rotationsrheometer die in Richtung der Vorschub-Achse der Stellstange erfolgenden Einwirkungen der Stellstange auf die Messwelle kompensiert werden, indem die Messwelle und/oder der von der Messwelle getragene Messteil, vorzugsweise durch Versteifung des Lagers oder Ausübung einer Gegenkraft, höheninvariant gegenüber einer am Rotationsrheometer festgelegten Bezugsbasis gehalten werden oder die auf den Messteil von der Stellstange ausgeübten linearen Verstellkräfte und daraus resultierende Bewegungen rechnerisch bei der Auswertung der Messdaten kompensiert werden.

In einfacher Weise ist es möglich, dass bei der Ermittlung der Messdaten mit der DM(T)A-Analyseeinheit die Einwirkungen der von der Messwelle auf die Stellstange ausgeübten Drehmomente kompensiert werden, indem die Stellstange und/oder der Messteil, vorzugsweise durch Versteifung des Lagers oder Ausübung einer Gegenkraft, rotationsinvariant gehalten werden oder die auf den Messteil von der Messwelle ausgeübten Rotationskräfte und daraus resultierende Bewegungen rechnerisch bei der Auswertung der Messdaten kompensiert werden.

Da nicht immer die Aufbringung von Kräften bzw. Drehmomenten in ein und derselben Bewegungsrichtung erfolgt, sondern insbesondere oftmals die Aufbringung von periodischen Krafteinwirkungen bzw. oszillierenden Krafteinwirkungen erfolgt, kann erfindungsgemäß vorgesehen sein, dass periodische Bewegungen, insbesondere Oszillationsbewegungen, und/oder periodische, insbesondere oszillierende, Kraftwirkungen der Stellstange und/oder der Messwelle durch mit derselben Periode erfolgende Gegenbewegungen und/oder Gegenkraftwirkungen kompensiert werden.

Zur Kompensation der vom Rotationsrheometer auf die lineare DM(T)A-Analyseeinheit ausgeübten Kräften und umgekehrt kann vorgesehen sein, dass zu Kalibrierungszwecken der von der Stellstange und der von der Messwelle getragene Messteil druckfrei oder mit vorgegebenem Druck in gegenseitige Anlage gebracht und die für Messungen erforderlichen und vorgegebenen, linearen Bewegungen der Stellstange und/oder Rotationsbewegungen der Messwelle ausgeführt werden und die zwischen der Messwelle und der Stellstange und umgekehrt ausgeübten Krafteinwirkungen, Druckkräfte oder Drehmomente und die resultierenden Bewegungen und/oder Bewegungsänderungen für Kalibrierungen, vorzugsweise in Form von Kalibrierungstabellen, aufgezeichnet und im Zuge der Ermittlung der Messdaten zur rechnerischen Kompensation zur Verfügung gestellt werden. Mit den ermittelten Kalibrierungstabellen können die im Zuge der Messung ermittelten Messwerte verknüpft bzw. umgerechnet werden und stehen sodann als exakte Messwerte zur Verfügung. Diese Kalibrierwerte können mit der Kompensation basierend auf den mit Sensoren ermittelten Messwerten kombiniert werden.

Von Vorteil ist es insbesondere für die rasche Ermittlung von Messdaten, wenn im Zuge der Ermittlung der Messdaten die von der Stellstange über die Probe auf die Messwelle und umgekehrt ausgeübten Krafteinwirkungen und daraus resultierenden Bewegungen und/oder Bewegungsänderungen laufend abgefühlt und ermittelt und zur sofortigen Ausübung von Gegenkräften, Gegendrehmomenten und/oder Einleitung von Gegenbewegungen auf die Stellstange und/oder die Messwelle zur Kompensation der

auftretenden Krafteinwirkungen und Bewegungen und/oder Bewegungsänderungen der Stellstange und/oder der Messwelle herangezogen werden. Es ist möglich, mit entsprechend rasch und exakt reagierenden Sensoren Kräfte, Drehmomente und/oder lineare Bewegungen abzufühlen und die entsprechenden Gegenbewegungen bzw. die entsprechende Aufbringung von Gegenkräften einzuleiten.

Die Reaktion auf gegenseitige Beeinflussungen von Rheometer und DM(T)A-Analyseeinheit kann aufgehoben bzw. vermieden werden, indem zur Kompensation die Steifigkeit des Lagers der Messwelle gegenüber einer Höhenverstellung relativ zur Basis und/oder die Steifigkeit des Lagers der Stellstange gegenüber einer Rotation um ihre Vorschubachse eingeregelt bzw. erhöht werden. Es kann auch vorgesehen sein, dass zur Kompensation der von der Stellstange ausgeübten Kraftwirkung die Höhenlage des von der Messwelle getragenen Messteils gegenüber einer am Rotationsrheometer vorgegebenen Basis auf einem vorgegebenen Niveau bzw. der Messteil in einem vorgegebenen Abstand zur Basis gehalten wird. Diese Kompensation ist besonders einfach durchzuführen.

Für die Praxis hat es sich für eine Kompensation als einfach und als zweckmäßig erwiesen, wenn die von der Stellstange auf die Messwelle ausgeübten Verstellkräfte mit der im Rotationsrheometer vorgesehenen Einheit zur Messung der Normalkraft ermittelt und diese Werte einer Kompensationseinheit zur Einstellung der Höhenlage der Messwelle bzw. des Messteils einer die Messwelle höhenmäßig verstellenden Regeleinheit, vorzugsweise der Einheit zur Einstellung der Normalkraft, zugeführt werden und/oder dass die DM(T)A-Analyseeinheit eine Kompensationseinheit umfasst, die eine die Stellstange rotierende Einheit ansteuert und in Abhängigkeit der von einem die Drehlage der Stellstange abführenden Sensor abgegebene Signale verdreht.

Für die Kompensation kann auch vorgesehen sein, dass die Messwelle mit dem Messteil und gegebenenfalls mit dem die Messwelle antreibenden Messmotor gemeinsam auf einem Träger gegenüber der vorgegebenen Basis am Rheometer mit einem Verstellantrieb höhenmäßig verstellbar gelagert ist und der Verstellantrieb von einer Kompensationseinheit, abhängig von den von der Stellstange auf die Messwelle ausgeübten Druckkräften mit Stellsignalen beaufschlagt wird und den Träger höhenverstellt.

Eine gute Kompensation mit genauen Messergebnissen wird möglich, wenn die DM(T)A-Analyseeinheit in Bezug auf die Basis um die Verstellachse der Stellstange mit einem

Rotationsantrieb rotierbar gelagert ist und die Kompensationseinheit den Rotationsantrieb ansteuert und die DM(T)A-Analyseeinheit abhängig von den von der Messwelle auf die Stellstange ausgeübten Rotationskräften zur Kompensation dieser Kräfte bzw. Drehmomente das DM(T)A-Analysegerät rotiert.

Von Vorteil ist es bei dem erfindungsgemäßen Rheometer, wenn bei gleichzeitiger Ermittlung von Messdaten mit dem Rotationsrheometer und der DM(T)A-Analyseeinheit die ausgeübten Drehmomente und Druckkräfte gleichzeitig mit der Kompensationseinheit kompensierbar sind. Damit wird es einfach möglich, von ein und derselben Probe ohne Zeitverlust gleichzeitig Messdaten mit dem Rotationsrheometer und mit der linearen DM(T)A-Analyseeinheit zu erhalten.

Vom Aufbau her ist es einfach und für die Bedienung vorteilhaft, wenn die Kompensationseinheit mechanische, elektrische oder pneumatische Verstelleinheiten oder Kraftgeber aufweist oder ansteuert, mit denen die von der Messwelle auf die Stellstange ausgeübten Drehmomente kompensierbar sind, indem die Stellstange in ihrem Lager rotationsinvariant gehalten bzw. ihrer Rotation durch Versteifung des Lagers entgegengewirkt wird.

Ein einfacher Aufbau und eine gute Steuerbarkeit werden erreicht, wenn die Kompensationseinheit mechanische, elektrische oder pneumatische Verstelleinheiten oder Kraftgeber aufweist bzw. ansteuert, mit denen die von der Stellstange auf die Messwelle ausgeübten Druckkräfte kompensierbar sind, indem die Messwelle höheninvariant gehalten bzw. einer Höhenverstellung entgegengewirkt wird.

Zur Aufnahme der vom Rotationsrheometer auf die DM(T)A-Analyseeinheit und umgekehrt ausgeübten Kräfte ist es zweckmäßig, wenn die Kompensationseinheiten Sensoreinheiten umfassen, wobei die Sensoreinheit die von der Stellstange auf die Messwelle und die Sensoreinheit die von der Messwelle auf die Stellstange ausgeübten Kräfte oder Drehmomente abfühlen und die Verstelleinheiten bzw. Kraftgeber zur Kompensation der durch die Druckkräfte und Drehmomente initiierten Bewegungen ansteuern.

Für die Auswertung der Messdaten und Kompensation der gegenseitigen Beeinflussung ist es vorteilhaft, wenn den Kompensationseinheiten zumindest ein Speicher für Kalibrierungswerte zugeordnet ist, welche Kalibrierungswerte für die Kraftwirkung der Messwelle auf die Stellstange und umgekehrt bei direkter, gegenseitiger Anlage der

jeweiligen Messteile und Beaufschlagung der Messwelle und/oder der Stellstange mit vorgegebenen, bei Messungen üblichen Kraft- und/oder Drehmoment- und/oder Verstellwerten ermittelt wurden, und dass die Ansteuerung der Verstelleinheiten oder Kraftgeber im Zuge einer Vermessung einer Probe unter Berücksichtigung der abgelegten Kalibrierwerte und der im Zuge der Vermessung ermittelten, tatsächlich vorhandenen Messwerte erfolgt.

Eine exakte Funktion und exakte Messwerte sind erreichbar, wenn die Messwelle des Rotationsrheometers mit einem Luftlager bzgl. einer Bewegung in Richtung des Vorschubs der Stellstange bzw. der Rheometerachse steif gelagert ist und/oder dass die Stellstange mit einem Luftlager bzgl. einer Rotation um ihre Verstellachse steif gelagert ist und dass die Verstelleinheiten oder Kraftgeber zur Regelung der Luftzufuhr zum jeweiligen Lager und/oder zur Veränderung der Geometrie des Lagerspalts und/oder der Größe der mit Luft beaufschlagten Fläche der Stellstange oder des Normalabstands dieser Fläche zur Vorschubachse und/oder zur Verstellung der Breite des Spalts zwischen der luftzuführenden und der luftbeaufschlagten Fläche und/oder zur Einstellung des in das jeweilige Luftlager eingeströmten Fluids eingerichtet sind.

Speziell kann es von Vorteil sein, wenn die Stellstange und/oder die Messwelle in einem elektromagnetischen Lager gelagert sind und als Verstelleinrichtung oder Kraftgeber zur Regelung der Steifigkeit des jeweiligen Lagers ein Steuerstromregler für die Spule des Lagers vorgesehen ist.

Eine Kompensation wird dann einfach, wenn als Kraftgeber eine Höhenverstelleinheit vorgesehen ist, mit der der Messteil des Rotationsrheometers und seine Messwelle und gegebenenfalls der antreibende Messmotor bezüglich einer am Rheometer vorgegebenen Basis auf einer vorgegebenen Höhenlage bzw. auf einem einstellbaren Niveau gehalten ist und dass diese Höhenverstelleinheit von der Kompensationseinheit zur Kompensation der von der Stellstange auf die Messwelle ausgeübten Druckkräften ansteuerbar und höhenverstellbar ist.

Es ist auch möglich, dass mit der Kompensationseinheit eine Einheit zur Normalkrafteinstellung des Rotationsrheometers ansteuerbar ist, die von der Einheit zur Normalkraftmessung mit Messsignalen betreffend die auf die Messwelle von der Stellstange ausgeübten Druckkräfte beaufschlagt ist und ermittelte Werte zur Kompensation der Druckkräfte an die Einheit zur Normalkrafteinstellung abgibt.

Eine exakte Kompensation ist möglich, wenn mit der Kompensationseinheit als Kraftgeber ein Rotationsantrieb ansteuerbar ist, mit dem das DM(T)A-Analysegerät und/oder die Stellstange bzgl. der Basis des Rheometers um die Verstellachse der Stellstange rotierbar ist und dass die Kompensationseinheit den Rotationsantrieb abhängig von dem von der Messwelle auf die Stellstange ausgeübten Drehmoment zur Kompensation dieser Kraft ansteuert und das lineare DM(T)A-Analysegerät und/oder die Stellstange verdreht.

Für den Aufbau des erfindungsgemäßen Rheometers ist es von Vorteil, wenn die Rotationsachse der Messwelle und die Vorschubachse der Stellstange zusammenfallen und/oder wenn die Kompensationseinheit des Rotationsrheometers und die Kompensationseinheit der DM(T)A-Analyseeinheit zu einer gemeinsamen Steuereinheit zusammengefasst sind, an die gegebenenfalls eine Rechen- und/oder Auswerteeinheit für die ermittelten Messwerte angeschlossen ist.

Die Erfindung wird im Folgenden beispielsweise anhand der Zeichnungen näher erläutert.

In der Fig. 1 ist ein erfindungsgemäßes Rheometer schematisch dargestellt. Fig. 2a zeigt schematisch ein Beispiel für eine Kompensationsmöglichkeit in Draufsicht und Fig. 2b im Schnitt.

Das in **Fig. 1** dargestellte Rheometer umfasst zwei, vorzugsweise modularartig aufgebaute und damit austauschbare, auf einem Stativ 20 mit einem Gestell 24 und einem Träger 25 gelagerte Einheiten, von denen die obere Einheit von einem Rotationsrheometer 100 und die untere Einheit von einer linearen DM(T)A-Analyseeinheit 200 gebildet ist. Es ist durchaus auch möglich, die lineare DM(T)A-Analyseeinheit 200 oben und das Rotationsrheometer 100 gestellnah anzuordnen.

Das Rotationsrheometer 100 umfasst einen Träger 25 mit einem Messmotorraum 17, in dem ein Mess- bzw. Antriebsmotor 2 angeordnet ist, der eine in einem Rotationsluftlager 5 gelagerte Messwelle 3 antreibt. Das Rotationsluftlager 5 trägt und zentriert die Messwelle 3 bzw. eine mit dieser verbundene Lagerplatte 30. Alternative Lagerungsmöglichkeiten, z.B. Magnetlager, sind ebenfalls einsetzbar. Ein Messteil 1a ist über eine Kupplung 4 mit der Messwelle 3 verbindbar.

Der Träger 25 ist über einen Stellteil 23 auf einer Schraubspindel 22 höhenverstellbar gelagert. Die Schraubspindel 22 wird von einem Stellmotor 21 angetrieben und die Höhe

des Trägers 25 bezogen auf eine am Gestell 24 vorgegebene Basis 50 und/oder der Verstellweg des Trägers 25 können mittels einer Wegmesseinheit 26 vermessen werden.

Prinzipiell ist jede beliebige pneumatische, hydraulische, piezoelektrische oder elektromechanische Höhenverstellung des Trägers 25 möglich und die Höhenlage des Trägers 25 kann optisch, mechanisch oder elektrisch ermittelt werden.

Das Rotationsrheometer 100 besitzt vorteilhafterweise an der Messwelle 3 und/oder an der Lagerplatte 30 und/oder im Lager 5 eine Normalkraftmesseinheit 9, mit der auf die Messwelle 3 in Richtung der Achse AA des Rheometers 100 ausgeübte Kräfte ermittelt werden können. Gleichzeitig kann diese Normalkraftmesseinheit 9 auch dazu ausgebildet sein, Kräfte in Richtung der Achse AA auf die Lagerplatte 30 und/oder die Messwelle 3 auszuüben. Alternativ oder zusätzlich zur Normalkraftmesseinheit 9 kann eine Höhenmesseinheit 39 als Sensor für die Höhenlage oder Höhenveränderung der Messwelle 3 und/oder der Lagerplatte 30 vorgesehen sein. Mit der Kraftmesseinheit 9 und/oder mit der Höhenmesseinheit 39 können vorhandene Verstelleinheiten angesteuert und mit diesen den auf die Messwelle 3 in Richtung der Achse AA ausgeübten Kräften entgegengewirkt und die Höhenlage des Messteils 1a invariant gehalten werden. Derartige Verstelleinheiten können mechanisch, pneumatisch, hydraulisch, elektrisch, piezoelektrisch oder elektromechanisch funktionieren. Eine derartige Verstelleinheit kann z.B. in die Normalkraftmesseinheit 9 integriert sein oder liegt in Form des die Schraubspindel 22 antreibenden Stellmotors 21 vor, der Stellsignale von der Höhenmesseinheit 39 erhält.

Der Antriebs- bzw. Messmotor 2 besitzt einen Momentendetektor 12, mit dem das von ihm oder auf ihn ausgeübte Drehmoment ermittelt werden kann. Alternativ kann das Drehmoment auch aus der Stromaufnahme des Messmotors ermittelt werden. Des Weiteren ist für die Messwelle 3 ein Winkel-Encoder 7 vorgesehen, mit dem der Drehwinkel der Messwelle 3 ermittelt werden kann oder eine Verdrehung der Messwelle 3 festgestellt werden kann. Drehmoment und/oder Drehwinkel und/oder auftretende Normalkraft sind die wesentlichen festzustellenden Messwerte beim Rotationsrheometer 100.

Ein dem Messteil 1a gegenüberliegender Messteil 1b wird von einer linear verfahrbaren Stellstange 3' der dem Rotationsrheometer 100 gegenüberliegend angeordneten linearen DM(T)A-Analyseeinheit 200 getragen. Die Messteile 1a und 1b begrenzen den Spalt 1, in dem die zu untersuchende Probe 19 angeordnet wird. Über eine Kupplung 4' ist der

Messteil 1a austauschbar mit dem Linearmotor 2' verbindbar. Der Linearmotor 2' verstellt die in einem Luftlager 6 gelagerte Stellstange 3' in der Richtung der Rheometerachse AA. Zur Messung des Verstellwegs ist der Stellstange 3' ein Weg-Encoder 8 zugeordnet. Die Messung der von der Stellestange 3' ausgeübten Druck- oder Zugkräfte kann mit der Normalkraftmesseinheit 9 oder eigenen Kraftmesseinheiten erfolgen. Bevorzugt ist der Linear- bzw. Verstellmotor 2' als Messmotor ausgeführt und aus der Stromaufnahme des Linearmotors 2' ist die Zug- bzw. Druckkraft ermittelbar. Für die Ermittlung einer allfälligen Rotation der Stellstange 3' um die Achse AA kann ein Winkel-Encoder 10 vorgesehen sein, der eine Dreheinheit 31 zur Rotation der Stellstange 3' ansteuert.

Im Zuge der Messung zur Ermittlung der Parameter von Proben 19, insbesondere mit viskoelastischem Verhalten, bewirkt eine Verstellbewegung der Stellstange 3' der linearen DM(T)A-Analyseeinheit 200 ein Anheben oder Absenken der Messwelle 3 bzw. der Lagerplatte 30 je nach dem auf die Probe 19 ausgeübten Zug oder Druck. Gegenüber einem derartigen Anheben oder Absenken ist die Messwelle 3 aber nicht ausreichend steif gelagert, wodurch Ungenauigkeiten in der Messung auftreten. Aus diesem Grund ist eine Kompensation der von dem Linearmotor 2' über die Stellstange 3' und die Probe 19 auf die Messwelle 3 bzw. die Lagerplatte 30 ausgeübten Verstellkräfte erforderlich, indem Gegenkräfte auf die Messwelle 3 ausgeübt werden.

Bei einer Rotation des Messteils 1a wirkt diese Rotation über die Probe 19 auf den Messteil 1b und damit auf die Stellstange 3'. Um einer durch dieses Drehmoment bedingten Rotation der Stellstange 3' entgegenzuwirken, ist der Stellstange 3' ein Momenten- bzw. Rotationsdetektor, vorzugsweise Winkel-Encoder 10, zugeordnet und mit einer vom Winkel-Encoder 10 angesteuerten Rotations- bzw. Dreheinheit 31 wird die Stellstange 3' in die Gegenrichtung rotiert bzw. mit einem Drehmoment beaufschlagt, das dem von der Messwelle 3 ausgeübten Drehmoment entgegengerichtet ist. Die Detektoren können optisch, elektronisch oder elektromechanisch aufgebaut sein. Die Rotationseinheit kann mechanisch, elektromechanisch, elektrisch, pneumatisch oder hydraulisch aufgebaut sein.

Auf diese Weise werden die Stellstange 3' rotationsinvariant und die Messwelle 3 höheninvariant gehalten.

Die jeweils von dem Rotationsrheometer 100 auf die lineare DM(T)A-Analyseeinheit 200 und umgekehrt ausgeübten Kräfte werden somit mit Sensoren festgestellt und entsprechende Kraftgeber, d.h. Drehmomentgeber oder lineare Verstellelemente, werden

angesteuert, um diesen Krafteinwirkungen, die insbesondere im Zuge einer gleichzeitigen Vermessung einer Probe mit dem Rotationsrheometer 100 und der linearen DM(T)A-Analyseeinheit 200 auftreten, entgegenzuwirken. Die erforderlichen Sensoren und Verstelleinheiten sind Teil von Kompensationseinheiten 13, 13', die für das Rotationsrheometer 100 und die lineare DM(T)A-Analyseeinheit 200 vorgesehen sind, und die Sensoren abfühlen und die Stelleinheiten ansteuern. Auftretende Kräfte bzw. Drehmomente und Verstellbewegungen werden online detektiert und es wird ihnen sofort entgegengewirkt.

Von Vorteil ist es, wenn die Kompensationseinheiten 13, 13' von einer übergeordneten Steuer- und Regeleinheit 15 betätigt bzw. gesteuert sind, die auch als Rechen- bzw. Auswerteeinheit und als Userinterface dienen kann.

Es kann vorgesehen sein, dass periodische Bewegungen, insbesondere Oszillationsbewegungen, und/oder periodische, insbesondere oszillierende, Kraftwirkungen der Stellstange 3' und der Messwelle 3 aufeinander durch mit derselben Periode erfolgende Gegenbewegungen und/oder Gegenkraftwirkungen sofort kompensiert werden.

Für eine Kompensation der auftretenden Kräfte, Verstellbewegungen und Drehmomente kann vorgesehen sein, dass zu Kalibrierungszwecken der von der Stellstange 3' und der von der Messwelle 3 getragene Messteil 1a, 1b druckfrei oder mit vorgegebenem Druck in gegenseitige Anlage gebracht und die für Messungen erforderlichen und vorgegebenen, linearen Bewegungen der Stellstange 3' und/oder Rotationsbewegungen der Messwelle 3 ausgeführt werden. Die dabei zwischen der Messwelle 3 und der Stellstange 3' und umgekehrt ausgeübten und auftretenden Krafteinwirkungen, Druckkräfte oder Drehmomente und die resultierenden Kräfte, Drehmomente und Bewegungen und/oder Bewegungsänderungen werden als Kalibrierwerte, vorzugsweise in Form von Kalibrierungstabellen, aufgezeichnet und im Zuge der Ermittlung der Messdaten zur rechnerischen Kompensation dieser Messdaten zur Verfügung gestellt. Für die Kalibrierwerte kann ein Speicher 53 in der Steuer- und Regeleinheit 15 vorgesehen sein.

Die Kompensationseinheiten 13, 13' umfassen mechanische, elektrische, hydraulische oder pneumatische Stelleinheiten bzw. Kraftgeber, wie z.B. die Normalkraftmesseinheit 9, die Rotationseinheit 31 oder die Höhenverstelleinheit 21, 22, die von den Sensoreinheiten, wie z.B. der Normalkraftmesseinheit 9, dem Winkel-Encoder 7, der Höhenmesseinheit 39 oder dem Winkel-Encoder 10, angesteuert sind, wobei die

Sensoreinheiten die von der Messwelle 3 auf die Stellstange 3' und die von der Stellstange 3' auf die Messwelle 3 ausgeübten Drehmomente und Verstellkräfte abfühlen und die Stelleinheiten die erforderlichen Kompensationen einleiten. Die Verstelleinheiten können beispielsweise piezoelektrische, elektromagnetische, hydraulische oder pneumatische Kraftgeber sein. Als Sensoreinheiten kommen insbesondere optische und/oder elektrische, z.B. kapazitive oder induktive, Sensoreinheiten in Frage.

Bei der Anordnung der Messwelle 3 und der Stellstange 3' in Luftlagern 5, 6 ist es zweckmäßig, wenn die Messwelle 3 mit einem Luftlager 5 bzgl. einer Bewegung in Richtung der Achse AA steif gelagert ist und/oder dass die Stellstange 3' mit einem Luftlager 6 bzgl. einer Rotation um die Achse AA steif gelagert ist. Dazu können Verstelleinheiten oder Kraftgeber die Luftzufuhr zum jeweiligen Lager regeln und/oder die Geometrie des Lagerspalts abändern und/oder die Größe der mit Luft beaufschlagten Fläche der Stellstange 3' oder des Normalabstands dieser Fläche zur Achse AA verändern und/oder die Breite des Spalts zwischen der luftzuführenden und der luftbeaufschlagten Fläche verstellen und/oder der Druck und die Menge des in das jeweilige Luftlager eingeströmten Fluids verändern. Eine derartige Möglichkeit ist in Fig. 2 erläutert.

Eine Möglichkeit besteht auch darin, dass die Stellstange 3' und/oder die Messwelle 3 in einem elektromagnetischen Lager gelagert sind und als Verstelleinheit oder Kraftgeber zur Regelung der Steifigkeit des jeweiligen Lagers ein Steuerstromregler für die jeweilige Tauchspule vorgesehen ist, der von die Messwelle 3 und/oder die Stellstange 3' abführenden Kraft- und/oder Wegsensoren angesteuert ist.

Eine einfach praktikable Höhenverstellung des Rotationsrheometers 100 mit der Messwelle 3 wird dann erreicht, wenn als Kraftgeber eine Höhenverstelleinheit vorgesehen ist, die den Drehmotor 21 und die Spindel 22 umfasst, und mit der der Träger 25 und/oder der Messteil 1a des Rotationsrheometers 100 und die Messwelle 3 und gegebenenfalls der antreibende Messmotor 2 gegenüber einer vorgegebenen Basis 50 auf dem Rotationsrheometer 100 auf einer vorgegebenen Höhenlage bzw. auf einem einstellbaren Niveau gehalten ist. Diese Höhenverstelleinheit ist von der Kompensationseinheit 13 zur Kompensation der von der Stellstange 3' auf die Messwelle 3 ausgeübten Druckkräfte in Abhängigkeit von Signalen der Höhenmeseinheit 39 ansteuerbar.

Die Kompensationseinheit 13 kann eine Einheit zur Normalkrafteinstellung, d.h. der, der das Rheometer auf einem vorgegebenen Höhenniveau haltenden Kräfte, ansteuern in Abhängigkeit von der Einheit zur Normalkraftmessung 9 ermittelten Messsignalen betreffend die auf die Messwelle 3 von der Stellstange 3' ausgeübten Druckkräfte. Die Kompensationseinheit 13 steuert die Einheit zur Normalkrafteinstellung allenfalls unter Verwendung der Kalibrierwerte an.

Als Kraftgeber für die Drehlage der Stellstange 3' kann ein Rotationsantrieb 31 vorgesehen sein, mit dem die gesamte DM(T)A-Analyseeinheit 200 mit der Stellstange 3' bzgl. der Basis 50 des Rheometers 100 um die Verstellachse der Stellstange 3', d.h. die Rheometerachse AA rotierbar ist. Die Kompensationseinheit 13' steuert den Rotationsantrieb abhängig von dem von der Messwelle 3 auf die Stellstange 3' ausgeübten Drehmoment zur Kompensation dieser Kraft an und verdreht das lineare DM(T)A-Analysegerät 200.

Mit derartigen Maßnahmen ist es einfach möglich, den Einfluss der Momentwirkung des Rotationsrheometers 100 auf den linearen Messmotor 2' bzw. die Stellstange 3' der DM(T)A-Analyseeinheit 200 und den Einfluss der Kraftwirkung des linearen Messmotors 2' auf den Antriebs- bzw. Messmotors 2 des Rheometers 100 zu kompensieren.

Auch der Einsatz von magnetischen Lagern für die Messwelle 3 und die Stellstange 3' und deren Beeinflussung durch eine Stromregelung ist möglich.

Das erfindungsgemäße Rheometer kompensiert auch periodische Verstellbewegungen, beispielsweise Sinusschwingungen, die vom Verstellmotor 2' auf die Probe 19 aufgebracht und auf Rotationsrheometer 100 bzw. dessen Messwelle 3 übertragen werden.

Das Rotationsrheometer 100 und die lineare DM(T)A-Analyseeinheit 200 können gleichzeitig in Betrieb genommen werden und gleichzeitig Messdaten von der Probe 19 ermitteln, können jedoch auch in unmittelbarer Aufeinanderfolge in Betrieb genommen werden und von derselben Probe 19 in unmittelbar aufeinanderfolgenden Zeitabschnitten Messwerte ermitteln.

Zu kompensierende Drehmomente können ohne weiteres 300 mNm betragen. Die Frequenzen von Verstellbewegungen können 50 Hz und mehr betragen. Die linearen Krafteinwirkungen können 50 N und mehr betragen.

**Fig. 2a** und **2b** zeigen schematisch ein Luftlager 6 für die Stellstange 3' der linearen DM(T)A-Analyseeinheit 200. An der Stellstange 3' sind Flügel 45, 45' befestigt, die insbesondere in ihrem Endbereich z.B. mit Luftstrahlen oder piezoelektrisch, hydraulisch oder elektromagnetisch mit Kraft beaufschlagt werden können. Wird die Kraftbeaufschlagung der Flügel 45, 45' von Seiten der Lagerblöcke 6a und 6d oder 6b und 6c verändert, erfolgt eine Rotation der Flügel 45, 45' und der Stellstange 3' in Richtung der stärkeren Kraftbeaufschlagung. Damit kann auf die Stellstange 3' ausgeübten Drehmomenten entgegengewirkt werden. Ein Sensor 46 fühlt die Lage und/oder Bewegung der Flügel 45, 45' ab und die Stelleinheit der Kompensationseinheit 13' steuert die Kraftbeaufschlagung bzw. Luftstrahlen.

Im dargestellten Fall werden die Flügel 45, 45' mit Luftstrahlen beaufschlagt. Die Stellstange 3' und ihre Flügel 45, 45' sind in Richtung der Achse AA verschiebbar gelagert. Die Flügel 45, 45' befinden sich zwischen porösen Lagerblöcken 6a, 6b, 6c, 6d von denen aus in ihrer Stärke einstellbare Luftstrahlen auf die Flügel 45, 45' gerichtet sind.

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Ermittlung für Messdaten von Proben (19), insbesondere mit viskoelastischem Verhalten, unter Einsatz eines Rotationsrheometers (100) und einer linearen DM(T)A-Analyseeinheit (200), wobei das Rotationsrheometer (100) zumindest Einheiten zur Messung und/oder zur Einstellung der von der oder auf die Messwelle (3) ausgeübten Normalkraft (9) und/oder der Drehzahl und/oder des Auslenkwinkels und/oder des Drehmoments (12) der Messwelle (3) und die lineare DM(T)A-Analyseeinheit (200) zumindest Einheiten zur Messung der Zug- und/oder Druckkraft und/oder der Position und/oder der Vorschubbewegung (9') seiner Stellstange (3') aufweist, wobei die Messwelle (3) des Rotationsrheometers (100) in einem Lager (5) rotierbar und die Stellstange (3') der linearen DM(T)A-Analyseeinheit (200) in einem Lager (5') linear verstellbar gelagert werden und

wobei die zu untersuchende Probe (19) zwischen einander gegenüber liegenden Messteilen (1a, 1b) angeordnet wird, von denen der eine Messteil (1a) von der Messwelle (3) und der andere Messteil (1b) von der Stellstange (3') getragen wird, dadurch gekennzeichnet,

dass im Zuge der Aufnahme der Messdaten durch die lineare DM(T)A-Analyseeinheit (200) die von der Messwelle (3) des Rotationsrheometers (100) auf die Stellstange (3') der linearen DM(T)A-Analyseeinheit (200) über die Probe (19) übertragenen Rotationskräfte bzw. Drehmomente und im Zuge der Aufnahme der Messdaten durch das Rotationsrheometer (100) die von der Stellstange (3') über die Probe (19) auf die Messwelle (3) ausgeübten Zug- oder Druckkräfte bzw. linearen Verstellkräfte bei der Ermittlung und/oder Auswertung der Messdaten kompensiert werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass im Zuge der Ermittlung der Messdaten das Rotationsrheometer (100) und die DM(T)A-Analyseeinheit (200) gemeinsam in Betrieb gesetzt werden und die Messdaten der Probe (19) mit dem Rotationsrheometer (100) und der DM(T)A-Analyseeinheit (200) unmittelbar hintereinander, vorzugsweise jeweils abwechselnd, oder gleichzeitig aufgenommen werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Ermittlung der Messdaten mit dem Rotationsrheometer (100) die in Richtung der Vorschub-Achse (AA) der Stellstange (3') erfolgenden Einwirkungen der Stellstange (3') auf die Messwelle (3) kompensiert werden, indem die Messwelle (3) und/oder der von der Messwelle (3) getragene Messteil (1a), vorzugsweise durch Versteifung des Lagers oder

Ausübung einer Gegenkraft, höheninvariant gegenüber einer am Rotationsrheometer (100) festgelegten Bezugsbasis (50) gehalten werden oder die auf den Messteil (1a) von der Stellstange (3') ausgeübten linearen Verstellkräfte und daraus resultierende Bewegungen rechnerisch bei der Auswertung der Messdaten kompensiert werden.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Ermittlung der Messdaten mit der DM(T)A-Analyseeinheit (200) die Einwirkungen der von der Messwelle (3) auf die Stellstange (3') ausgeübten Drehmomente kompensiert werden, indem die Stellstange (3') und/oder der Messteil (1b), vorzugsweise durch Versteifung des Lagers oder Ausübung einer Gegenkraft, rotationsinvariant gehalten werden oder die auf den Messteil (1b) von der Messwelle (3) ausgeübten Rotationskräfte und daraus resultierende Bewegungen rechnerisch bei der Auswertung der Messdaten kompensiert werden.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass periodische Bewegungen, insbesondere Oszillationsbewegungen, und/oder periodische, insbesondere oszillierende, Kraftwirkungen der Stellstange (3') und/oder der Messwelle (3) durch mit derselben Periode erfolgende Gegenbewegungen und/oder Gegenkraftwirkungen kompensiert werden.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass zu Kalibrierungszwecken der von der Stellstange (3') und der von der Messwelle (3) getragene Messteil (1a, 1b) druckfrei oder mit vorgegebenem Druck in gegenseitige Anlage gebracht und die für Messungen erforderlichen und vorgegebenen, linearen Bewegungen der Stellstange (3') und/oder Rotationsbewegungen der Messwelle (3) ausgeführt werden und die zwischen der Messwelle (3) und der Stellstange (3') und umgekehrt ausgeübten Krafteinwirkungen, Druckkräfte oder Drehmomente und die resultierenden Bewegungen und/oder Bewegungsänderungen für Kalibrierungen, vorzugsweise in Form von Kalibrierungstabellen, aufgezeichnet und im Zuge der Ermittlung der Messdaten zur rechnerischen Kompensation zur Verfügung gestellt werden.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass im Zuge der Ermittlung der Messdaten die von der Stellstange (3') über die Probe (19) auf die Messwelle (3) und umgekehrt ausgeübten Krafteinwirkungen und daraus resultierenden Bewegungen und/oder Bewegungsänderungen laufend abgefühlt und ermittelt und zur sofortigen Ausübung von Gegenkräften, Gegendrehmomenten und/oder

Einleitung von Gegenbewegungen auf die Stellstange (3') und/oder die Messwelle (3) zur Kompensation der auftretenden Kräfteinwirkungen und Bewegungen und/oder Bewegungsänderungen der Stellstange (3') und/oder der Messwelle (3) herangezogen werden.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass zur Kompensation die Steifigkeit des Lagers (5) der Messwelle (3) gegenüber einer Höhenverstellung relativ zur Basis (50) und/oder die Steifigkeit des Lagers (5') der Stellstange (3') gegenüber einer Rotation um ihre Vorschubachse (AA) eingeregelt bzw. erhöht werden.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass zur Kompensation der von der Stellstange (3') ausgeübten Kraftwirkung die Höhenlage des von der Messwelle (3) getragenen Messteils (1a) gegenüber einer am Rotationsrheometer (100) vorgegebenen Basis (50) auf einem vorgegebenen Niveau bzw. der Messteil (1a) in einem vorgegebenen Abstand zur Basis (50) gehalten wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die von der Stellstange (3') auf die Messwelle (3) ausgeübten Verstellkräfte mit der im Rotationsrheometer (100) vorgesehenen Einheit (9) zur Messung der Normalkraft ermittelt und diese Werte einer Kompensationseinheit (13) zur Einstellung der Höhenlage der Messwelle (3) bzw. des Messteils (1a) einer die Messwelle (3) höhenmäßig verstellenden Regeleinheit (13), vorzugsweise der Einheit zur Einstellung der Normalkraft, zugeführt werden und/oder dass die DM(T)A-Analyseeinheit (200) eine Kompensationseinheit (13) umfasst, die eine die Stellstange (3') rotierende Einheit (31) ansteuert und in Abhängigkeit der von einem die Drehlage der Stellstange (3') abführenden Sensor (31) abgegebene Signale verdreht.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Messwelle (3) mit dem Messteil (1a) und gegebenenfalls mit dem die Messwelle (3) antreibenden Messmotor (2) gemeinsam auf einem Träger (25) gegenüber der vorgegebenen Basis (50) am Rheometer mit einem Verstellantrieb (21, 22) höhenmäßig verstellbar gelagert ist und der Verstellantrieb (21, 22) von einer Kompensationseinheit (13), abhängig von den von der Stellstange (3') auf die Messwelle (3) ausgeübten Druckkräften mit Stellsignalen beaufschlagt wird und den Träger (25) höhenverstellt.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die DM(T)A-Analyseeinheit (200) in Bezug auf die Basis (50) um die Verstellachse (AA) der Stellstange (3') mit einem Rotationsantrieb (7') rotierbar gelagert ist und die Kompensationseinheit (13') den Rotationsantrieb (7') ansteuert und die DM(T)A-Analyseeinheit (200) abhängig von den von der Messwelle (3) auf die Stellstange (3') ausgeübten Rotationskräften zur Kompensation dieser Kräfte bzw. Drehmomente das DM(T)A-Analysegerät (200) rotiert.

13. Rheometer zur Ermittlung rheometrischer Messdaten, wobei das Rheometer ein Rotationsrheometer (100) umfasst, das zumindest Einheiten zur Messung und/oder Einstellung der Normalkraft (9) und/oder der Drehzahl des Messteils (1a) und/oder des von der Messwelle (3) oder auf die Messwelle (3) ausgeübten Drehmoments und/oder des Auslenkwinkels der Messwelle (3) aufweist, wobei die Messwelle (3) in einem Lager (5), vorzugsweise in einem Luftlager, vorzugsweise in einer vorgegebenen Höhe über einer Basis (50) des Rotationsrheometers (100), rotierbar gelagert ist, wobei das Rotationsrheometer (100) mit einer linearen DM(T)A-Analyseeinheit (200) kombiniert ist, die eine in einem Lager (5'), vorzugsweise in einem Luftlager, vorzugsweise in einer vorgegebenen Drehlage, geführt linear verstellbare Stellstange (3') und zumindest Einheiten zur Messung der Zug- und/oder Druckkraft und/oder der Position und/oder Vorschubbewegung (9') der Stellstange (3') besitzt, und wobei die Messwelle (3) und die Stellstange (3') jeweils einen Messteil (1a, 1b) tragen, die einen Messspalt (1) ausbilden und die zu untersuchende, vorzugsweise viskoelastische, Probe (19) in den Messspalt (1) zwischen den einander gegenüberliegenden Messteilen (1a, 1b) eingebracht wird, insbesondere zur Durchführung des Verfahrens gemäß einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet,

dass das Rheometer zumindest eine Kompensationseinheit (13, 13') umfasst, mit der im Zuge der Aufnahme bzw. Ermittlung von Messdaten mit der DM(T)A-Analyseeinheit (200) die von der Messwelle (3) des Rotationsrheometers (100) auf die Stellstange (3') der linearen DM(T)A-Analyseeinheit (200) über die Probe (19) ausgeübten Drehmomente und mit der im Zuge der Aufnahme von Messdaten mit dem Rotationsrheometer (100) die von der Stellstange (3') über die Probe (19) auf die Messwelle (3) ausgeübten Druckkräfte kompensierbar sind.

14. Rheometer nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass bei gleichzeitiger Ermittlung von Messdaten mit dem Rotationsrheometer (100) und der DM(T)A-Analyseeinheit (200) die ausgeübten Drehmomente und Druckkräfte gleichzeitig mit der Kompensationseinheit (13, 13') kompensierbar sind.

15. Rheometer nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Kompensationseinheit (13') mechanische, elektrische oder pneumatische Verstelleinheiten (31) oder Kraftgeber aufweist oder ansteuert, mit denen die von der Messwelle (3) auf die Stellstange (3') ausgeübten Drehmomente kompensierbar sind, indem die Stellstange (3') in ihrem Lager (5') rotationsinvariant gehalten bzw. ihrer Rotation durch Versteifung des Lagers (5') entgegengewirkt wird.

16. Rheometer nach einem der Ansprüche 13 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Kompensationseinheit (13) mechanische, elektrische oder pneumatische Verstelleinheiten (39, 21, 22) oder Kraftgeber aufweist bzw. ansteuert, mit denen die von der Stellstange (3') auf die Messwelle (3) ausgeübten Druckkräfte kompensierbar sind, indem die Messwelle (3) höheninvariant gehalten bzw. einer Höhenverstellung entgegengewirkt wird.

17. Rheometer nach einem der Ansprüche 13 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Kompensationseinheiten (13, 13') Sensoreinheiten (9, 10) umfassen, wobei die Sensoreinheit (9) die von der Stellstange (3') auf die Messwelle (3) und die Sensoreinheit (31) die von der Messwelle (3) auf die Stellstange (3') ausgeübten Kräfte oder Drehmomente abfühlen und die Verstelleinheiten (39, 21, 22) bzw. Kraftgeber zur Kompensation der durch die Druckkräfte und Drehmomente initiierten Bewegungen ansteuern.

18. Rheometer nach einem der Ansprüche 13 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass den Kompensationseinheiten (13, 13') zumindest ein Speicher (53) für Kalibrierungswerte zugeordnet ist, welche Kalibrierungswerte für die Kraftwirkung der Messwelle (3) auf die Stellstange (3') und umgekehrt bei direkter, gegenseitiger Anlage der jeweiligen Messteile (1a, 1b) und Beaufschlagung der Messwelle (3) und/oder der Stellstange (3') mit vorgegebenen, bei Messungen üblichen Kraft- und/oder Drehmoment- und/oder Verstellwerten ermittelt wurden, und dass die Ansteuerung der Verstelleinheiten (7, 21, 22) oder Kraftgeber im Zuge einer Vermessung einer Probe (19) unter Berücksichtigung der abgelegten Kalibrierwerte und der im Zuge der Vermessung ermittelten, tatsächlich vorhandenen Messwerte erfolgt.

19. Rheometer nach einem der Ansprüche 13 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Messwelle (3) mit einem Luftlager (5) bzgl. einer Bewegung in Richtung der ihrer Vorschubachse bzw. Rheometerachse (AA) steif gelagert ist und/oder dass die

Stellstange (3') mit einem Luftlager (6) bzgl. einer Rotation um ihre Verstellachse (AA) steif gelagert ist und dass die Verstelleinheiten (7, 21, 22) oder Kraftgeber zur Regelung der Luftzufuhr zum jeweiligen Lager (5, 5') und/oder zur Veränderung der Geometrie des Lagerspalts und/oder der Größe der mit Luft beaufschlagten Fläche der Stellstange (3') oder des Normalabstands dieser Fläche zur Vorschubachse (AA) und/oder zur Verstellung der Breite des Spalts zwischen der luftzuführenden und der luftbeaufschlagten Fläche und/oder zur Einstellung des in das jeweilige Luftlager eingeströmten Fluids eingerichtet sind.

20. Rheometer nach einem der Ansprüche 13 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Stellstange (3') und/oder die Messwelle (3) in einem elektromagnetischen Lager mit Spulen gelagert sind und als Verstelleinrichtung oder Kraftgeber zur Regelung der Steifigkeit des jeweiligen Lagers ein Steuerstromregler für die jeweilige Spulen vorgesehen ist.

21. Rheometer nach einem der Ansprüche 13 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass als Kraftgeber eine Höhenverstelleinheit (21, 22) vorgesehen ist, mit der der Messteil (1a) des Rotationsrheometers (100) und seine Messwelle (3) und gegebenenfalls der antreibende Messmotor (2) bezüglich einer am Rheometer vorgegebenen Basis (50) auf einer vorgegebenen Höhenlage bzw. auf einem einstellbaren Niveau gehalten ist und dass diese Höhenverstelleinheit (21, 22) von der Kompensationseinheit (13) zur Kompensation der von der Stellstange (3') auf die Messwelle (3) ausgeübten Druckkräften ansteuerbar und höhenverstellbar ist.

22. Rheometer nach einem der Ansprüche 13 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass mit der Kompensationseinheit (13) eine Einheit (39) zur Normalkrafteinstellung des Rotationsrheometers (100) ansteuerbar ist, die von der Einheit (9) zur Normalkraftmessung mit Messsignalen betreffend die auf die Messwelle (3) von der Stellstange (3') ausgeübten Druckkräfte beaufschlagt ist und ermittelte Werte zur Kompensation der Druckkräfte an die Einheit (39) zur Normalkrafteinstellung abgibt.

23. Rheometer nach einem der Ansprüche 13 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass mit der Kompensationseinheit (13') als Kraftgeber ein Rotationsantrieb (31) ansteuerbar ist, mit dem das DM(T)A-Analysegerät (200) und/oder die Stellstange (3') bzgl. der Basis (50) des Rheometers um die Verstellachse (AA) der Stellstange (3') rotierbar ist und dass die Kompensationseinheit (13') den Rotationsantrieb (31) abhängig von dem von der Messwelle (3) auf die Stellstange (3') ausgeübten Drehmoment zur Kompensation dieser

Kraft ansteuert und das lineare DM(T)A-Analysegerät (200) und/oder die Stellstange (3') verdreht.

24. Rheometer nach einem der Ansprüche 13 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass die Rotationsachse (AA) der Messwelle (3) und die Vorschubachse der Stellstange (3') zusammenfallen.

25. Rheometer nach einem der Ansprüche 13 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass die Kompensationseinheit (13) des Rotationsrheometers (100) und die Kompensationseinheit (13') der DM(T)A-Analyseeinheit (200) zu einer gemeinsamen Steuereinheit (15) zusammengefasst sind, an die gegebenenfalls eine Rechen- und/oder Auswerteeinheit (16) für die ermittelten Messwerte angeschlossen ist.

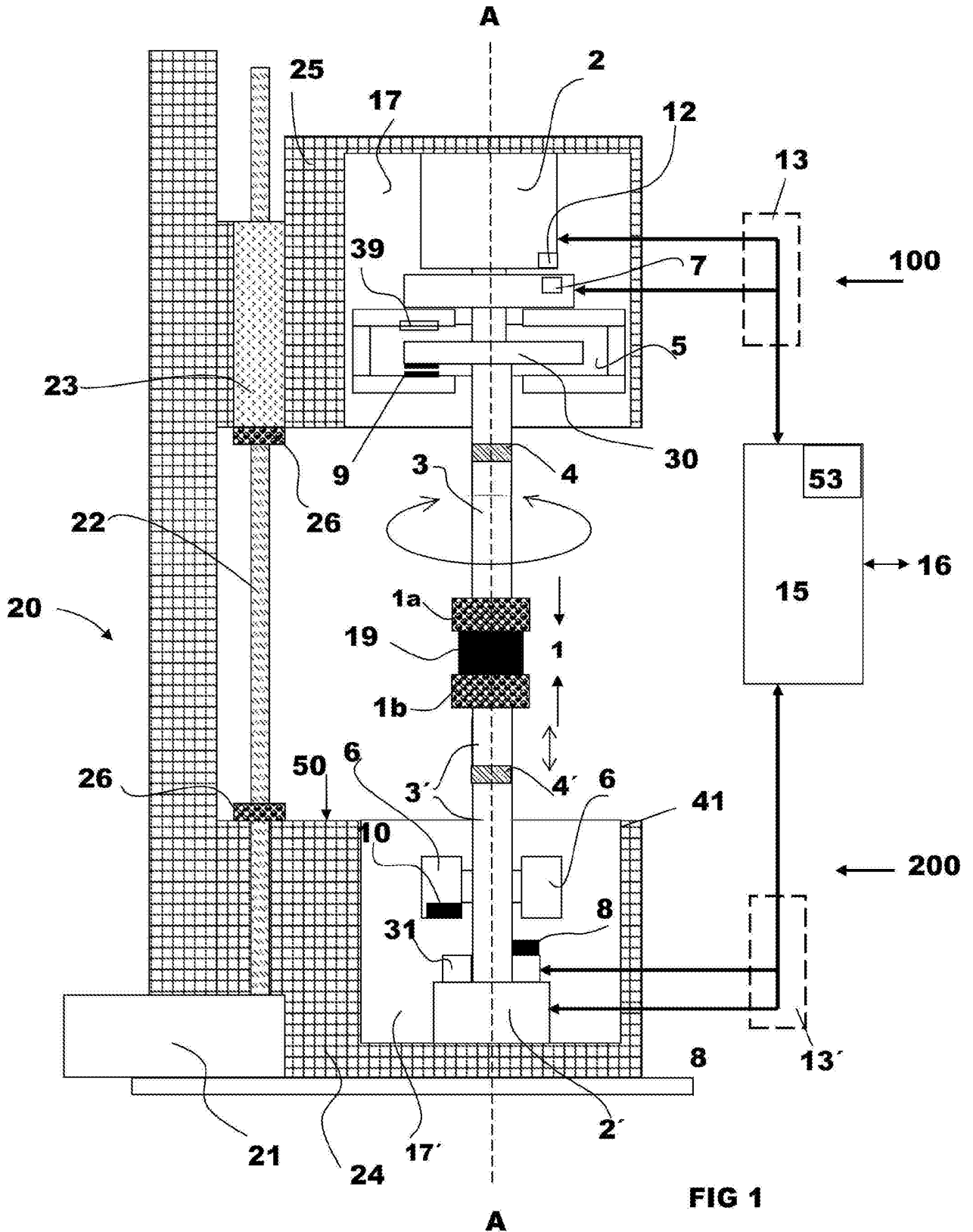


FIG 1

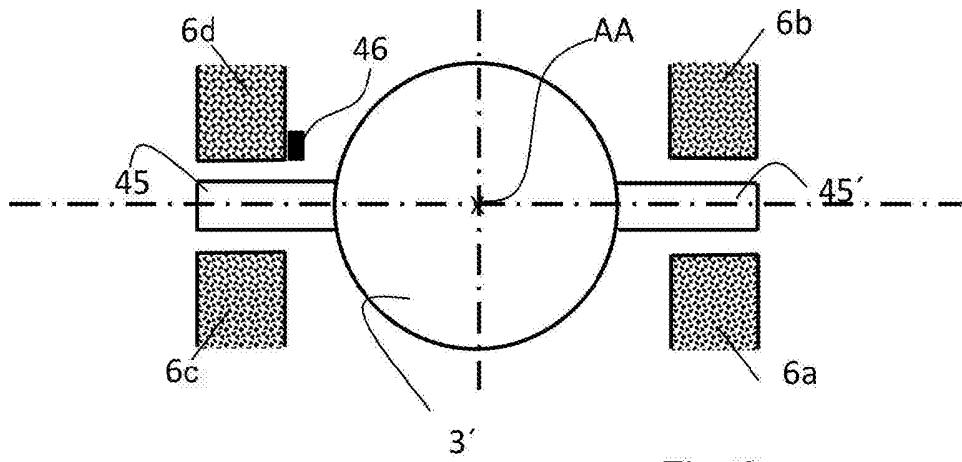


Fig. 2a

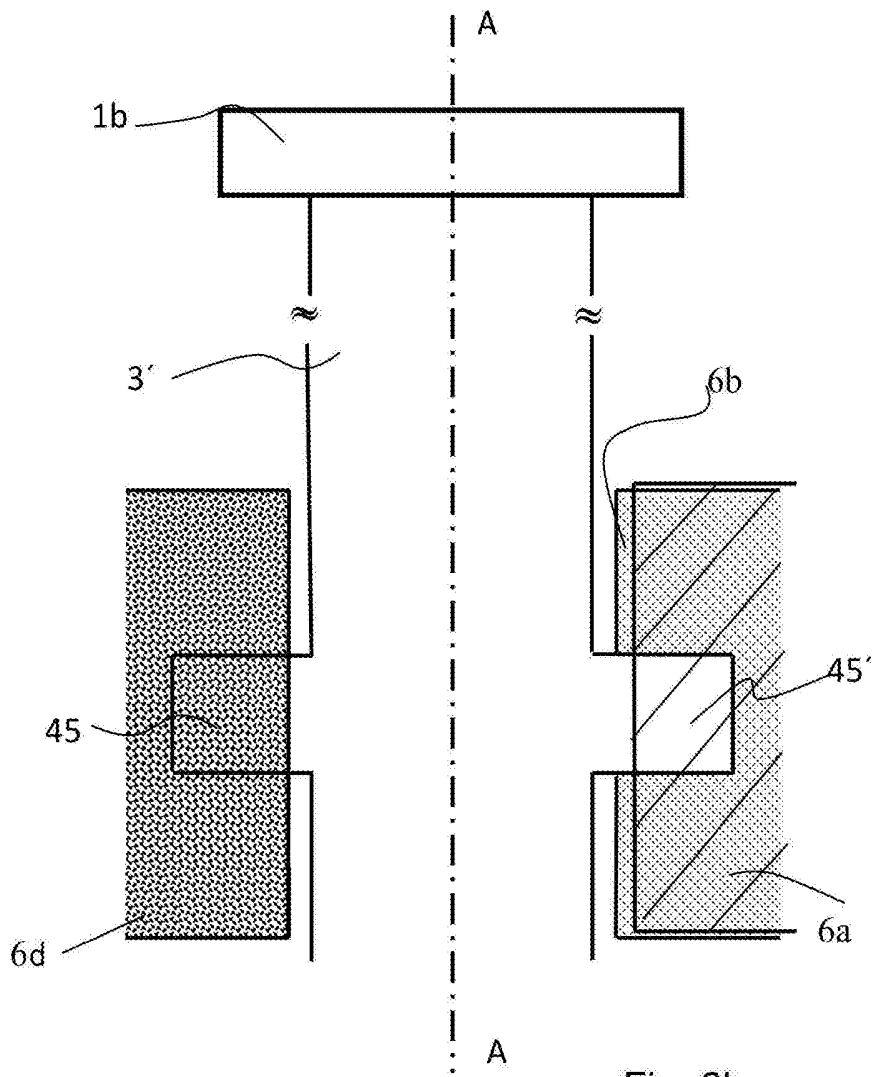


Fig. 2b

Klassifikation des Anmeldegegenstands gemäß IPC: <b>G01N 11/16</b> (2006.01)
Klassifikation des Anmeldegegenstands gemäß CPC: <b>G01N 11/16</b> (2013.01); <b>G01N 11/167</b> (2013.01); <b>G01N 2203/0026</b> (2013.01); <b>G01N 2203/0094</b> (2013.01)
Recherchiertes Prüfverfahren (Klassifikation): G01N
Konsultierte Online-Datenbank: EPODOC, WPI

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am **20.02.2014** eingereichten Ansprüchen **1 - 25** erstellt.

Kategorie <sup>1)</sup>	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
A	US 2001049967 A1 (DILLARD, D.; et.al.) 13. Dezember 2001 (13.12.2001) das ganze Dokument.	1 - 25
A	DE 10214756 A1 (METTLER TOLEDO GMBH) 16. Oktober 2003 (16.10.2003) das ganze Dokument.	1 - 25
A	WO 2007039191 A1 (DSM IP ASSETS BV) 12. April 2007 (12.04.2007) Zusammenfassung; Anspruch 1.	1 - 25
A	DE 4309530 A1 (NETZSCH GERAETEBAU GMBH) 29. September 1994 (29.09.1994) das ganze Dokument.	1 - 25
A	DE 102011001245 A1 (CONTITECH AG) 20. September 2012 (20.09.2012) Zusammenfassung; Anspruch 1.	1 - 25
A	DE 102011001244 A1 (CONTITECH AG) 20. September 2012 (20.09.2012) Zusammenfassung; Anspruch 1.	1 - 25

Datum der Beendigung der Recherche: 08.01.2015	Seite 1 von 1	Prüfer(in): SEYRINGER Christian
---	---------------	------------------------------------

<sup>1)</sup> <b>Kategorien</b> der angeführten Dokumente: <b>X</b> Veröffentlichung <b>von besonderer Bedeutung</b> : der Anmeldegegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden. <b>Y</b> Veröffentlichung <b>von Bedeutung</b> : der Anmeldegegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese <b>Verbindung für einen Fachmann naheliegend</b> ist.	<b>A</b> Veröffentlichung, die den allgemeinen <b>Stand der Technik</b> definiert. <b>P</b> Dokument, das von <b>Bedeutung</b> ist (Kategorien <b>X</b> oder <b>Y</b> ), jedoch <b>nach dem Prioritätstag</b> der Anmeldung veröffentlicht wurde. <b>E</b> Dokument, das <b>von besonderer Bedeutung</b> ist (Kategorie <b>X</b> ), aus dem ein „ <b>älteres Recht</b> “ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen). <b>&amp;</b> Veröffentlichung, die Mitglied der selben <b>Patentfamilie</b> ist.
---	---

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Ermittlung für Messdaten von Proben (19), insbesondere mit viskoelastischem Verhalten, unter Einsatz eines Rotationsrheometers (100) und einer linearen DM(T)A-Analyseeinheit (200), wobei das Rotationsrheometer (100) zumindest Einheiten zur Messung und/oder zur Einstellung der von der oder auf die Messwelle (3) ausgeübten Normalkraft (9) und/oder der Drehzahl und/oder des Auslenkwinkels und/oder des Drehmoments (12) der Messwelle (3) und die lineare DM(T)A-Analyseeinheit (200) zumindest Einheiten zur Messung der Zug- und/oder Druckkraft und/oder der Position und/oder der Vorschubbewegung seiner Stellstange (3') aufweist, wobei die Messwelle (3) des Rotationsrheometers (100) in einem Lager (5) rotierbar und die Stellstange (3') der linearen DM(T)A-Analyseeinheit (200) in einem Lager (6) linear verstellbar gelagert werden und

wobei die zu untersuchende Probe (19) zwischen einander gegenüber liegenden Messteilen (1a, 1b) angeordnet wird, von denen der eine Messteil (1a) von der Messwelle (3) und der andere Messteil (1b) von der Stellstange (3') getragen wird, dadurch gekennzeichnet,

dass im Zuge der Aufnahme der Messdaten durch die lineare DM(T)A-Analyseeinheit (200) die von der Messwelle (3) des Rotationsrheometers (100) auf die Stellstange (3') der linearen DM(T)A-Analyseeinheit (200) über die Probe (19) übertragenen Rotationskräfte bzw. Drehmomente und im Zuge der Aufnahme der Messdaten durch das Rotationsrheometer (100) die von der Stellstange (3') über die Probe (19) auf die Messwelle (3) ausgeübten Zug- oder Druckkräfte bzw. linearen Verstellkräfte bei der Ermittlung und/oder Auswertung der Messdaten kompensiert werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass im Zuge der Ermittlung der Messdaten das Rotationsrheometer (100) und die DM(T)A-Analyseeinheit (200) gemeinsam in Betrieb gesetzt werden und die Messdaten der Probe (19) mit dem Rotationsrheometer (100) und der DM(T)A-Analyseeinheit (200) unmittelbar hintereinander, vorzugsweise jeweils abwechselnd, oder gleichzeitig aufgenommen werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Ermittlung der Messdaten mit dem Rotationsrheometer (100) die in Richtung der Vorschub-Achse (AA) der Stellstange (3') erfolgenden Einwirkungen der Stellstange (3') auf die Messwelle (3) kompensiert werden, indem die Messwelle (3) und/oder der von der Messwelle (3) getragene Messteil (1a), vorzugsweise durch Versteifung des Lagers oder

Ausübung einer Gegenkraft, höheninvariant gegenüber einer am Rotationsrheometer (100) festgelegten Bezugsbasis (50) gehalten werden oder die auf den Messteil (1a) von der Stellstange (3') ausgeübten linearen Verstellkräfte und daraus resultierende Bewegungen rechnerisch bei der Auswertung der Messdaten kompensiert werden.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Ermittlung der Messdaten mit der DM(T)A-Analyseeinheit (200) die Einwirkungen der von der Messwelle (3) auf die Stellstange (3') ausgeübten Drehmomente kompensiert werden, indem die Stellstange (3') und/oder der Messteil (1b), vorzugsweise durch Versteifung des Lagers oder Ausübung einer Gegenkraft, rotationsinvariant gehalten werden oder die auf den Messteil (1b) von der Messwelle (3) ausgeübten Rotationskräfte und daraus resultierende Bewegungen rechnerisch bei der Auswertung der Messdaten kompensiert werden.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass periodische Bewegungen, insbesondere Oszillationsbewegungen, und/oder periodische, insbesondere oszillierende, Kraftwirkungen der Stellstange (3') und/oder der Messwelle (3) durch mit derselben Periode erfolgende Gegenbewegungen und/oder Gegenkraftwirkungen kompensiert werden.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass zu Kalibrierungszwecken der von der Stellstange (3') und der von der Messwelle (3) getragene Messteil (1a, 1b) druckfrei oder mit vorgegebenem Druck in gegenseitige Anlage gebracht und die für Messungen erforderlichen und vorgegebenen, linearen Bewegungen der Stellstange (3') und/oder Rotationsbewegungen der Messwelle (3) ausgeführt werden und die zwischen der Messwelle (3) und der Stellstange (3') und umgekehrt ausgeübten Krafterwirkungen, Druckkräfte oder Drehmomente und die resultierenden Bewegungen und/oder Bewegungsänderungen für Kalibrierungen, vorzugsweise in Form von Kalibrierungstabellen, aufgezeichnet und im Zuge der Ermittlung der Messdaten zur rechnerischen Kompensation zur Verfügung gestellt werden.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass im Zuge der Ermittlung der Messdaten die von der Stellstange (3') über die Probe (19) auf die Messwelle (3) und umgekehrt ausgeübten Krafterwirkungen und daraus resultierenden Bewegungen und/oder Bewegungsänderungen laufend abgefühlt und ermittelt und zur sofortigen Ausübung von Gegenkräften, Gegendrehmomenten und/oder

Einleitung von Gegenbewegungen auf die Stellstange (3') und/oder die Messwelle (3) zur Kompensation der auftretenden Kräfteinwirkungen und Bewegungen und/oder Bewegungsänderungen der Stellstange (3') und/oder der Messwelle (3) herangezogen werden.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass zur Kompensation die Steifigkeit des Lagers (5) der Messwelle (3) gegenüber einer Höhenverstellung relativ zur Basis (50) und/oder die Steifigkeit des Lagers (5') der Stellstange (3') gegenüber einer Rotation um ihre Vorschubachse (AA) eingeregelt bzw. erhöht werden.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass zur Kompensation der von der Stellstange (3') ausgeübten Kraftwirkung die Höhenlage des von der Messwelle (3) getragenen Messteils (1a) gegenüber einer am Rotationsrheometer (100) vorgegebenen Basis (50) auf einem vorgegebenen Niveau bzw. der Messteil (1a) in einem vorgegebenen Abstand zur Basis (50) gehalten wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die von der Stellstange (3') auf die Messwelle (3) ausgeübten Verstellkräfte mit der im Rotationsrheometer (100) vorgesehenen Einheit (9) zur Messung der Normalkraft ermittelt und diese Werte einer Kompensationseinheit (13) zur Einstellung der Höhenlage der Messwelle (3) bzw. des Messteils (1a) einer die Messwelle (3) höhenmäßig verstellenden Regeleinheit (13), vorzugsweise der Einheit zur Einstellung der Normalkraft, zugeführt werden und/oder dass die DM(T)A-Analyseeinheit (200) eine Kompensationseinheit (13) umfasst, die eine die Stellstange (3') rotierende Einheit (31) ansteuert und in Abhängigkeit der von einem die Drehlage der Stellstange (3') abführenden Sensor (31) abgegebene Signale verdreht.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Messwelle (3) mit dem Messteil (1a) und gegebenenfalls mit dem die Messwelle (3) antreibenden Messmotor (2) gemeinsam auf einem Träger (25) gegenüber der vorgegebenen Basis (50) am Rheometer mit einem Verstellantrieb (21, 22) höhenmäßig verstellbar gelagert ist und der Verstellantrieb (21, 22) von einer Kompensationseinheit (13), abhängig von den von der Stellstange (3') auf die Messwelle (3) ausgeübten Druckkräften mit Stellsignalen beaufschlagt wird und den Träger (25) höhenverstellt.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die DM(T)A-Analyseeinheit (200) in Bezug auf die Basis (50) um die Verstellachse (AA) der Stellstange (3') mit einem Rotationsantrieb (7') rotierbar gelagert ist und die Kompensationseinheit (13') den Rotationsantrieb (7') ansteuert und die DM(T)A-Analyseeinheit (200) abhängig von den von der Messwelle (3) auf die Stellstange (3') ausgeübten Rotationskräften zur Kompensation dieser Kräfte bzw. Drehmomente das DM(T)A-Analysegerät (200) rotiert.

13. Rheometer zur Ermittlung rheometrischer Messdaten, wobei das Rheometer ein Rotationsrheometer (100) umfasst, das zumindest Einheiten zur Messung und/oder Einstellung der Normalkraft (9) und/oder der Drehzahl des Messteils (1a) und/oder des von der Messwelle (3) oder auf die Messwelle (3) ausgeübten Drehmoments und/oder des Auslenkwinkels der Messwelle (3) aufweist, wobei die Messwelle (3) in einem Lager (5), vorzugsweise in einem Luftlager, vorzugsweise in einer vorgegebenen Höhe über einer Basis (50) des Rotationsrheometers (100), rotierbar gelagert ist, wobei das Rotationsrheometer (100) mit einer linearen DM(T)A-Analyseeinheit (200) kombiniert ist, die eine in einem Lager (5'), vorzugsweise in einem Luftlager, vorzugsweise in einer vorgegebenen Drehlage, geführt linear verstellbare Stellstange (3') und zumindest Einheiten zur Messung der Zug- und/oder Druckkraft und/oder der Position und/oder Vorschubbewegung (9') der Stellstange (3') besitzt, und wobei die Messwelle (3) und die Stellstange (3') jeweils einen Messteil (1a, 1b) tragen, die einen Messspalt (1) ausbilden und die zu untersuchende, vorzugsweise viskoelastische, Probe (19) in den Messspalt (1) zwischen den einander gegenüberliegenden Messteilen (1a, 1b) eingebracht wird, insbesondere zur Durchführung des Verfahrens gemäß einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet,

dass das Rheometer zumindest eine Kompensationseinheit (13, 13') umfasst, mit der im Zuge der Aufnahme bzw. Ermittlung von Messdaten mit der DM(T)A-Analyseeinheit (200) die von der Messwelle (3) des Rotationsrheometers (100) auf die Stellstange (3') der linearen DM(T)A-Analyseeinheit (200) über die Probe (19) ausgeübten Drehmomente und mit der im Zuge der Aufnahme von Messdaten mit dem Rotationsrheometer (100) die von der Stellstange (3') über die Probe (19) auf die Messwelle (3) ausgeübten Druckkräfte kompensierbar sind.

14. Rheometer nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass bei gleichzeitiger Ermittlung von Messdaten mit dem Rotationsrheometer (100) und der DM(T)A-Analyseeinheit (200) die ausgeübten Drehmomente und Druckkräfte gleichzeitig mit der Kompensationseinheit (13, 13') kompensierbar sind.

15. Rheometer nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Kompensationseinheit (13') mechanische, elektrische oder pneumatische Verstelleinheiten (31) oder Kraftgeber aufweist oder ansteuert, mit denen die von der Messwelle (3) auf die Stellstange (3') ausgeübten Drehmomente kompensierbar sind, indem die Stellstange (3') in ihrem Lager (5') rotationsinvariant gehalten bzw. ihrer Rotation durch Versteifung des Lagers (5') entgegengewirkt wird.

16. Rheometer nach einem der Ansprüche 13 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Kompensationseinheit (13) mechanische, elektrische oder pneumatische Verstelleinheiten (39, 21, 22) oder Kraftgeber aufweist bzw. ansteuert, mit denen die von der Stellstange (3') auf die Messwelle (3) ausgeübten Druckkräfte kompensierbar sind, indem die Messwelle (3) höheninvariant gehalten bzw. einer Höhenverstellung entgegengewirkt wird.

17. Rheometer nach einem der Ansprüche 13 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Kompensationseinheiten (13, 13') Sensoreinheiten (9, 10) umfassen, wobei die Sensoreinheit (9) die von der Stellstange (3') auf die Messwelle (3) und die Sensoreinheit (31) die von der Messwelle (3) auf die Stellstange (3') ausgeübten Kräfte oder Drehmomente abfühlen und die Verstelleinheiten (39, 21, 22) bzw. Kraftgeber zur Kompensation der durch die Druckkräfte und Drehmomente initiierten Bewegungen ansteuern.

18. Rheometer nach einem der Ansprüche 13 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass den Kompensationseinheiten (13, 13') zumindest ein Speicher (53) für Kalibrierungswerte zugeordnet ist, welche Kalibrierungswerte für die Kraftwirkung der Messwelle (3) auf die Stellstange (3') und umgekehrt bei direkter, gegenseitiger Anlage der jeweiligen Messteile (1a, 1b) und Beaufschlagung der Messwelle (3) und/oder der Stellstange (3') mit vorgegebenen, bei Messungen üblichen Kraft- und/oder Drehmoment- und/oder Verstellwerten ermittelt wurden, und dass die Ansteuerung der Verstelleinheiten (7, 21, 22) oder Kraftgeber im Zuge einer Vermessung einer Probe (19) unter Berücksichtigung der abgelegten Kalibrierwerte und der im Zuge der Vermessung ermittelten, tatsächlich vorhandenen Messwerte erfolgt.

19. Rheometer nach einem der Ansprüche 13 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Messwelle (3) mit einem Luftlager (5) bzgl. einer Bewegung in Richtung der ihrer Vorschubachse bzw. Rheometerachse (AA) steif gelagert ist und/oder dass die

Stellstange (3') mit einem Luftlager (6) bzgl. einer Rotation um ihre Verstellachse (AA) steif gelagert ist und dass die Verstelleinheiten (7, 21, 22) oder Kraftgeber zur Regelung der Luftzufuhr zum jeweiligen Lager (5, 5') und/oder zur Veränderung der Geometrie des Lagerspalts und/oder der Größe der mit Luft beaufschlagten Fläche der Stellstange (3') oder des Normalabstands dieser Fläche zur Vorschubachse (AA) und/oder zur Verstellung der Breite des Spalts zwischen der luftzuführenden und der luftbeaufschlagten Fläche und/oder zur Einstellung des in das jeweilige Luftlager eingeströmten Fluids eingerichtet sind.

20. Rheometer nach einem der Ansprüche 13 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Stellstange (3') und/oder die Messwelle (3) in einem elektromagnetischen Lager mit Spulen gelagert sind und als Verstelleinrichtung oder Kraftgeber zur Regelung der Steifigkeit des jeweiligen Lagers ein Steuerstromregler für die jeweilige Spulen vorgesehen ist.

21. Rheometer nach einem der Ansprüche 13 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass als Kraftgeber eine Höhenverstelleinheit (21, 22) vorgesehen ist, mit der der Messteil (1a) des Rotationsrheometers (100) und seine Messwelle (3) und gegebenenfalls der antreibende Messmotor (2) bezüglich einer am Rheometer vorgegebenen Basis (50) auf einer vorgegebenen Höhenlage bzw. auf einem einstellbaren Niveau gehalten ist und dass diese Höhenverstelleinheit (21, 22) von der Kompensationseinheit (13) zur Kompensation der von der Stellstange (3') auf die Messwelle (3) ausgeübten Druckkräften ansteuerbar und höhenverstellbar ist.

22. Rheometer nach einem der Ansprüche 13 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass mit der Kompensationseinheit (13) eine Einheit (39) zur Normalkrafteinstellung des Rotationsrheometers (100) ansteuerbar ist, die von der Einheit (9) zur Normalkraftmessung mit Messsignalen betreffend die auf die Messwelle (3) von der Stellstange (3') ausgeübten Druckkräfte beaufschlagt ist und ermittelte Werte zur Kompensation der Druckkräfte an die Einheit (39) zur Normalkrafteinstellung abgibt.

23. Rheometer nach einem der Ansprüche 13 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass mit der Kompensationseinheit (13') als Kraftgeber ein Rotationsantrieb (31) ansteuerbar ist, mit dem das DM(T)A-Analysegerät (200) und/oder die Stellstange (3') bzgl. der Basis (50) des Rheometers um die Verstellachse (AA) der Stellstange (3') rotierbar ist und dass die Kompensationseinheit (13') den Rotationsantrieb (31) abhängig von dem von der Messwelle (3) auf die Stellstange (3') ausgeübten Drehmoment zur Kompensation dieser

Kraft ansteuert und das lineare DM(T)A-Analysegerät (200) und/oder die Stellstange (3') verdreht.

24. Rheometer nach einem der Ansprüche 13 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass die Rotationsachse (AA) der Messwelle (3) und die Vorschubachse der Stellstange (3') zusammenfallen.

25. Rheometer nach einem der Ansprüche 13 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass die Kompensationseinheit (13) des Rotationsrheometers (100) und die Kompensationseinheit (13') der DM(T)A-Analyseeinheit (200) zu einer gemeinsamen Steuereinheit (15) zusammengefasst sind, an die gegebenenfalls eine Rechen- und/oder Auswerteeinheit (16) für die ermittelten Messwerte angeschlossen ist.