
**Magnetorheologische Bremsvorrichtung, insbesondere
Bedieneinrichtung**

Die vorliegende Erfindung betrifft eine magnetorheologische Bremsvorrichtung zum Variieren eines Drehmoments von Drehbewegungen und insbesondere eine magnetorheologische Bedieneinrichtung zur Einstellung von Bedienzuständen wenigstens mittels Drehbewegungen. Die Bremsvorrichtung weist wenigstens eine Achseinheit und wenigstens einen relativ zur Achseinheit drehbaren Drehkörper auf. Ein Drehmoment für die Drehbarkeit des Drehkörpers ist mittels wenigstens einer magnetorheologischen Bremseinrichtung gezielt einstellbar.

Solche Bremsvorrichtungen ermöglichen ein besonders gezieltes Verzögern bis hin zu einem Blockieren von Drehbewegungen. Mitunter sind die Bremsvorrichtungen als Bedieneinrichtungen ausgebildet. Solche Bedieneinrichtungen finden immer häufiger in verschiedensten Geräten und z. B. in Kraftfahrzeugen (z.B. Bedienelement in der Mittelkonsole, in dem Lenkrad, beim Sitz...), der Medizintechnik (z.B. zum Einstellen der medizinischen Geräte) oder bei Smart Devices (z.B. Smartphone, Smartwatch, Computerperipherie, Computermaus, Gamecontroller, Joystick), OFF-Highway Fahrzeugen (z. B. Bedienelemente in Landmaschinen), Booten/Schiffen, Flugzeugen Verwendung, um beispielsweise Menüs auszuwählen oder auch um präzise Steuerungen vornehmen zu können. Mittels der magnetorheologischen Bremseinrichtung können z. B. unterschiedliche Momente, Anschläge und Rasterungen für die Drehbewegung eingestellt werden. So kann eine besondere Haptik bei der Einstellung von Bedienzuständen erreicht werden (haptisches Feedback), welche den Benutzer

unterstützt und sehr gezielte Einstellungen erlaubt und somit die Bedienkomplexität reduziert.

Um die magnetorheologische Bremseinrichtung gezielt ansteuern zu können, ist in der Regel eine Sensoreinrichtung zur Überwachung der Drehposition vorgesehen. Allerdings bringt deren konstruktive Unterbringung in der Bremsvorrichtung erhebliche Schwierigkeiten mit sich.

So muss die Sensoreinrichtung (z.B. Abstand des Magnetringes zum Sensor) in der Regel innerhalb eines sehr schmalen Toleranzbandes zu den zu überwachenden Bauteilen angeordnet werden. Z. B. führen Abweichungen der Abstände solcher Bauteile zu einer Verschlechterung des Messsignals und zu störendem Rauschen. Das ist besonders bei feinen Rasterungen, Drehrichtungsumkehr mit Anschlag bzw. Sperrung in eine Drehrichtung (Clockwise oder Counterclockwise) und bei präzisen Einstelloptionen von großem Nachteil (z.B. Sensor mit 90.112 Inkrementen). Zudem ergeben sich aufgrund der meist zahlreichen betroffenen Bauteile viele Schnittstellen mit einer langen Toleranzkette und somit eine hohe Summentoleranz.

Weitere Probleme ergeben sich durch die meist nur sehr geringen Abmessungen der Bremsvorrichtung. So stehen z. B. für eine als Daumenwalze ausgebildete Bremsvorrichtung oft nur 12 mm im Durchmesser bereit, wie z.B. bei einem mit einem Finger (z.B. Daumen) drehbaren Rad (Walze) in einem Lenkrad bzw. einer Lenkradspeiche von z.B. einem Kraftfahrzeug. Somit ist der Bauraum für die Sensoreinrichtung sehr begrenzt. Insgesamt ergibt sich dadurch ein montage-, kosten- und bauraumtechnischer Optimierungsbedarf.

Demgegenüber ist es die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine verbesserte Bremsvorrichtung zur Verfügung zu stellen. Insbesondere soll die konstruktive Unterbringung (Bauraumbedarf, Anordnung der Bauteile, Summentoleranz der Bauteile...) der

Sensoreinrichtung verbessert werden. Dabei soll vorzugsweise eine zuverlässige und möglichst präzise sensorische Erfassung und zugleich eine Bauraum sparende Integration in der magnetorheologische Bremsvorrichtung möglich sein.

Diese Aufgabe wird durch eine Bremsvorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche. Weitere Vorteile und Merkmale der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der allgemeinen Beschreibung und der Beschreibung der Ausführungsbeispiele.

Die erfindungsgemäße Bremsvorrichtung ist magnetorheologisch ausgebildet und dient zum Variieren eines Drehmoments von Drehbewegungen und/oder zum Verzögern von Drehbewegungen. Die Bremsvorrichtung ist insbesondere eine magnetorheologische Bedieneinrichtung zur Einstellung von Bedienzuständen wenigstens mittels Drehbewegungen. Die Bremsvorrichtung umfasst wenigstens eine Achseinheit. Die Bremsvorrichtung umfasst wenigstens einen Drehkörper. Der Drehkörper ist relativ zur Achseinheit und/oder um die Achseinheit drehbar. Ein Drehmoment der Drehbarkeit des Drehkörpers (relativ zu der Achseinheit) ist mittels wenigstens einer magnetorheologischen Bremseinrichtung gezielt einstellbar. Insbesondere ist die Drehbarkeit des Drehkörpers mittels der Bremseinrichtung gezielt verzögerbar und/oder blockierbar. Die Bremsvorrichtung umfasst wenigstens eine Sensoreinrichtung wenigstens zur Erfassung einer Drehposition des Drehkörpers insbesondere in Bezug zu Achseinheit. Dabei umfasst die Sensoreinrichtung wenigstens einen drehfest an der Achseinheit angebundenen Magnetfeldsensor. Insbesondere ist der Magnetfeldsensor radial und/oder axial benachbart zu wenigstens einer Magnetringeinheit angeordnet. Insbesondere umfasst die Sensoreinrichtung wenigstens eine Magnetringeinheit. Insbesondere ist der Magnetfeldsensor (wenigstens teilweise oder im Wesentlichen oder vollständig) innerhalb der Achseinheit angeordnet.

Die erfindungsgemäße Bremsvorrichtung bietet viele Vorteile. Einen erheblichen Vorteil bietet die Anordnung des Magnetfeldsensors. Dadurch wird eine Bauraum sparende Unterbringung mit einer besonders kurzen Toleranzkette der Bauteile (geringe Summentoleranz bzw. wenige Bauteile zwischen der Sensorbefestigung und der Magnetbefestigung) und zugleich eine besonders zuverlässige sensorische Erfassung ermöglicht. Die Anbindung des Magnetfeldsensors an der Achseinheit bietet dabei eine besonders toleranzoptimierte Integration. Zudem bietet die erfindungsgemäße Anordnung des Magnetfeldsensors erhebliche Vorteile bei der Ausnutzung des zur Verfügung stehenden Bauraums. Das ist beispielsweise bei besonders kompakten Fingerwalzen oder Mausrädern von großem Vorteil. Zudem kann bei der Erfindung eine besonders wirksame und zugleich unaufwendige Abschirmung des Sensors von den Magnetfeldern der Bremseinrichtung erzielt werden.

Insbesondere umfasst die Achseinheit wenigstens einen Achsabschnitt, welcher den Magnetfeldsensor wenigstens abschnittsweise radial umgibt. Insbesondere ist der Magnetfeldsensor (wenigstens teilweise und insbesondere überwiegend und vorzugsweise vollständig) innerhalb des Achsabschnitts angeordnet. Insbesondere weist die Achseinheit wenigstens eine radiale (insbesondere rohrartige) Wandung auf, welche den Achsabschnitt wenigstens teilweise bereitstellt.

Es ist besonders bevorzugt und vorteilhaft, dass der Achsabschnitt eine geringere magnetische Leitfähigkeit aufweist als ein Kern, welcher insbesondere mit einer elektrischen Spule der Bremseinrichtung zusammenwirkt. Dadurch wird zum einen der Magnetfeldsensor nicht unerwünscht vor dem Magnetfeld der Magnetringeinheit abgeschirmt. Zum anderen kann der Magnetfeldsensor dadurch aber auch besonders unaufwendig und wirksam vor einem unerwünschten Einfluss des Magnetfelds der Bremseinrichtung geschützt werden.

Insbesondere ist der Kern aus einem magnetisch leitfähigen Material gefertigt oder umfasst wenigstens ein solches. Der Kern ist insbesondere aus einem ferromagnetischen Werkstoff gefertigt. Insbesondere weist der Kern eine relative Permeabilität von größer 1 und vorzugsweise größer 10 und besonders bevorzugt größer 100 oder größer 1000 auf.

Insbesondere weist der Achsabschnitt eine relative Permeabilität von kleiner 10 und vorzugsweise kleiner 2 und besonders bevorzugt kleiner 1 auf. Insbesondere ist der Achsabschnitt aus einem magnetisch nicht leitfähigen Material gefertigt oder umfasst wenigstens ein solches. Der Achsabschnitt ist insbesondere aus einem paramagnetischen Werkstoff und/oder diamagnetischen Werkstoff gefertigt. Insbesondere ist der Achsabschnitt aus einem Kunststoff gefertigt. Möglich ist, dass die gesamte Achseinheit derart ausgebildet ist, z. B. aus Kunststoff. Dann ist der Kern vorzugsweise separat ausgebildet und an der Achseinheit befestigt oder damit verbunden.

Die Achseinheit stellt insbesondere eine Tragstruktur zur Befestigung der Bremsvorrichtung bereit oder umfasst wenigstens eine solche. Insbesondere ist wenigstens die Bremseinrichtung an der Achseinheit befestigbar. Insbesondere ist der Drehkörper (mittels wenigstens einer Lagereinrichtung) auf der Achseinheit drehbar gelagert. Der Achsabschnitt stellt vorzugsweise wenigstens einen tragenden Teil der Achseinheit bereit. Der Achsabschnitt ist insbesondere ein axialer Abschnitt der Achseinheit.

Möglich und vorteilhaft ist es, dass die Achseinheit mehrteilig ausgeführt ist. Insbesondere umfasst die Achseinheit dann wenigstens zwei Achsabschnitte, nämlich den wenigstens einen (ersten) Achsabschnitt und wenigstens einen weiteren Achsabschnitt. Insbesondere weist der weitere Achsabschnitt eine höhere magnetische Leitfähigkeit als der (eine bzw. erste)

Achsabschnitt auf. Der weitere Achsabschnitt stellt vorzugsweise den Kern bereit oder ist Teil des Kerns.

Die Achsabschnitte können axial und/oder radial zueinander ausgerichtet sein. Insbesondere schließt sich der weitere Achsabschnitt axial an den (einen bzw. ersten) Achsabschnitt an. Dabei kann der weitere Achsabschnitt den Achsabschnitt wenigstens teilweise radial umgeben. Insbesondere sind der Achsabschnitt und der weitere Achsabschnitt (bzw. alle Achsabschnitte) fest miteinander verbunden, sodass diese vorzugsweise die tragfähige Achseinheit bilden. Beispielsweise können die Achsabschnitte verschraubt und/oder verklebt und/oder in anderer geeigneter Weise gefügt sein.

Vorzugsweise sind der Achsabschnitt und der Kern (fest) miteinander verbunden. Insbesondere bilden der Achsabschnitt und der Kern zusammen die Achseinheit oder wenigstens einen (insbesondere tragenden) Teil der Achseinheit. Möglich ist aber auch, dass der (erste) Achsabschnitt die Achseinheit oder einen tragenden Teil der Achseinheit bildet und der weitere Achsabschnitt, insbesondere der Kern, von dem (ersten) Achsabschnitt getragen wird.

Die Achseinheit kann auch wenigstens drei Achsabschnitte umfassen. Dann stellt der Kern insbesondere einen mittleren Achsabschnitt bereit, welcher von dem wenigstens einen (ersten) Achsabschnitt und wenigstens einem dritten Achsabschnitt axial eingefasst wird.

Die Achseinheit kann auch einstückig ausgeführt sein. Dann ist der Achsabschnitt insbesondere ein integraler und insbesondere nicht zerstörungsfrei lösbarer Bestandteil der Achseinheit. Insbesondere bildet der Kern dann ein separates Bauteil zur Achseinheit, welches vorzugsweise an dieser wenigstens mittelbar befestigbar ist. Besonders bevorzugt ist die Achseinheit dann als ein Halter ausgebildet, welcher neben der tragenden Achsfunktion

auch eine Aufnahmeeinrichtung für den Kern und/oder die Spule umfasst.

Insbesondere ist der Kern in einer axialen Richtung benachbart von dem (ersten) Achsabschnitt angeordnet. Insbesondere ist um den Kern und/oder innerhalb des Kerns wenigstens eine elektrische Spule (Spuleneinheit) angeordnet und vorzugsweise gewickelt. Insbesondere ist die elektrische Spule in axialer Richtung um den Kern gewickelt ist und spannt insbesondere eine Spulenebene auf, sodass sich ein Magnetfeld der elektrischen Spule quer zur Längsachse der Achseinheit (durch die Achseinheit) erstreckt. Zusätzlich oder alternativ kann die elektrische Spule in radialer Richtung um den Kern gewickelt sein und insbesondere eine Spulenebene aufspannen, sodass sich ein Magnetfeld der elektrischen Spule längs bzw. parallel zur Längsachse der Achseinheit erstreckt.

Vorzugsweise ist der Drehkörper als eine Fingerwalze und besonders bevorzugt als eine Daumenwalze ausgebildet. Bevorzugt ist der Drehkörper als ein zylindrisches Bauteil ausgebildet, welches mittels wenigstens eines Fingers in Rotation versetzt wird. Insbesondere ist die Bremsvorrichtung für eine Bedienung mit nur einem Finger vorgesehen. Insbesondere ist die Bremsvorrichtung dazu geeignet und ausgebildet, in einer liegenden Position bedient zu werden. Insbesondere nimmt die Drehachse des Drehkörpers dabei eine mehr horizontale als vertikale Stellung ein. Möglich ist aber auch, dass die Bremsvorrichtung stehend (vertikale Ausrichtung) bedienbar ist. Dabei wird die Bremsvorrichtung insbesondere meist mit zwei oder mehreren Fingern umfasst. Der Drehkörper kann auch als ein Drehknopf oder dergleichen ausgebildet sein und insbesondere wenigstens eine Drückfunktion und/oder Ziehfunktion (Push oder/und Pull) beinhalten. Durch diese Push/Pullfunktion können z.B. angewählte Menüs ausgewählt oder bestätigt werden.

Insbesondere weist der Drehkörper bzw. die Fingerwalze einen Durchmesser von weniger als 50 mm und vorzugsweise weniger als 20 mm und besonders bevorzugt weniger als 15 mm auf. Beispielsweise weist der Drehkörper einen Durchmesser von maximal 12 mm auf. Möglich und vorteilhaft für bestimmte Anwendungen sind aber auch größere oder kleinere Durchmesser für den Drehkörper.

Es ist möglich, dass der Drehkörper mit wenigstens einem Zusatzteil zur Durchmesserergrößerung umgeben ist. Das Zusatzbauteil ist beispielsweise als ein Ring oder dergleichen ausgebildet. Das Zusatzbauteil kann zur Verbesserung der Haptik mit wenigstens einer Kontur versehen sein und insbesondere geriffelt und/oder gummiert oder dergleichen sein.

Die Magnetringeinheit ist vorzugsweise an einer axialen Stirnseite des Drehkörpers angeordnet. Das bietet eine besonders vorteilhafte Unterbringung der Magnetringeinheit. Die Magnetringeinheit kann unmittelbar an der axialen Stirnseite befestigt sein. Möglich ist aber auch, dass die Magnetringeinheit über wenigstens ein Verbindungselement an der axialen Stirnseite des Drehkörpers befestigt ist. Möglich ist auch, dass die Magnetringeinheit an der axialen Stirnseite des Drehkörpers angeordnet ist und über entsprechende Verbindungselemente an einer anderen Position der Bremsvorrichtung befestigt ist.

Es ist bevorzugt und vorteilhaft, dass die Magnetringeinheit den Magnetfeldsensor wenigstens abschnittsweise ringartig umgibt. Insbesondere ist die Magnetringeinheit radial um den Magnetfeldsensor herum angeordnet. Insbesondere ist die Magnetringeinheit wenigstens teilweise (vorzugsweise vollständig) außerhalb der Achseinheit angeordnet. Insbesondere umgibt die Magnetringeinheit den Achsabschnitt der Achseinheit. Insbesondere ist der Magnetfeldsensor in axialer Richtung zentriert zu der Magnetringeinheit angeordnet. Darunter wird verstanden, dass der Magnetfeldsensor auf gleicher axialer Längsposition wie die Magnetringeinheit angeordnet ist. Der Magnetfeldsensor kann aber

auch in axialer Richtung versetzt zu der Magnetringeinheit angeordnet sein. Im Rahmen der vorliegenden Erfindung beziehen sich solche Positionsangaben und insbesondere die Angaben „radial“ und „axial“ insbesondere auf eine Drehachse des Drehkörpers.

Bevorzugt und vorteilhaft ist auch, dass die Magnetringeinheit und der Magnetfeldsensor in einer coaxialen Weise zueinander angeordnet sind. Das bietet eine besonders Bauraum sparende Unterbringung auch bei besonders geringen Abmessungen und beispielsweise bei einer Daumenwalze. Insbesondere ist der Magnetfeldsensor dabei von der Magnetringeinheit umgeben. Dabei ist der Magnetfeldsensor insbesondere axial und/oder radial zu der Magnetringeinheit zentriert. Insbesondere weist der Magnetfeldsensor einen gezielten radialen Versatz zur Drehachse der Magnetringeinheit auf. Der Magnetfeldsensor kann aber auch wenigstens in axialer Richtung versetzt zu der Magnetringeinheit angeordnet sein.

Es kann vorgesehen sein, dass der Magnetfeldsensor versetzt zur Drehachse der Magnetringeinheit angeordnet ist. Das kann auch dann vorgesehen sein, wenn insgesamt eine zentrale Anordnung für den Magnetfeldsensor vorgesehen ist, beispielsweise wenn der Magnetfeldsensor innerhalb der Achseinheit angeordnet ist und von der Magnetringeinheit ringförmig umgeben ist. Durch einen gezielten Versatz des Magnetfeldsensors gegenüber der Drehachse der Magnetringeinheit ist eine verbesserte Drehwinkelmessung möglich. So kann beispielsweise auch bei nur zwei Polen der Magnetringeinheit jede Drehposition genau definiert und somit jeder Winkel möglichst genau gemessen werden. So ist ein Absolutwertgeber besonders unaufwendig umsetzbar.

In einer besonders bevorzugten Ausgestaltung ist der Magnetfeldsensor innerhalb der Achseinheit angeordnet. Das bietet eine besonders kompakte und zugleich toleranzoptimierte Unterbringung des Magnetfeldsensors. Die Achseinheit weist dazu

insbesondere wenigstens eine Bohrung auf, in welcher der Magnetfeldsensor angeordnet ist. Insbesondere verläuft die Bohrung innerhalb des Achsabschnitts. Im Rahmen der vorliegenden Erfindung werden unter einer Bohrung insbesondere auch alle geeigneten anderen Ausnehmungen und/oder Durchgangsöffnungen verstanden, unabhängig davon, ob diese mittels eines Bohrverfahrens hergestellt sind oder nicht. Die Bohrung verläuft insbesondere in Längsrichtung der Achseinheit. Die Bohrung ist insbesondere durchgehend ausgeführt oder kann auch als Sackloch ausgebildet sein.

Insbesondere ist der Magnetfeldsensor in der Achseinheit zentriert angeordnet. Insbesondere ist wenigstens ein aktiver Sensorabschnitt des Magnetfeldsensors innerhalb der Achseinheit angeordnet. Vorzugsweise ist der gesamte Magnetfeldsensor innerhalb der Achseinheit angeordnet. Möglich ist, dass der Magnetfeldsensor innerhalb und/oder außerhalb der Achseinheit befestigt ist. Insbesondere ist wenigstens ein Befestigungsabschnitt des Magnetfeldsensors innerhalb und/oder außerhalb der Achseinheit angeordnet. Im Rahmen der vorliegenden Erfindung beziehen sich die Positionsangaben für den Magnetfeldsensor insbesondere auf wenigstens den aktiven Sensorabschnitt.

Der Magnetfeldsensor ist vorzugsweise in der Bohrung der Achseinheit angeordnet, durch welche auch wenigstens eine elektrische Anbindung der Bremseinrichtung verläuft. Die elektrische Anbindung umfasst dabei insbesondere wenigstens eine Versorgungsleitung und/oder Steuerleitung für die Spuleneinheit. Das bietet eine vorteilhafte Ausnutzung des Bauraums und ermöglicht zugleich eine besonders unaufwendige Übermittlung der Sensorsignale. Insbesondere tritt die elektrische Anbindung stirnseitig aus der Achseinheit heraus.

Der Magnetfeldsensor ist insbesondere auf wenigstens einer Leiterplatte angeordnet. Die Leiterplatte ist beispielsweise ein

Print oder umfasst wenigstens einen solchen. An der Leiterplatte ist vorzugsweise auch wenigstens die Bremseinrichtung, insbesondere die Spuleneinheit, elektrisch angebunden. An der Leiterplatte ist vorzugsweise auch wenigstens eine Anschlussleitung zur Kontaktierung der Bremsvorrichtung angebunden. Es ist bevorzugt und vorteilhaft, dass die Leiterplatte innerhalb der Achseinheit angeordnet ist. Bevorzugt ist auch, dass sich die Anschlussleitung aus der Achseinheit heraus erstreckt.

Insbesondere ist die Leiterplatte dabei in der zuvor beschriebenen Bohrung angeordnet. Insbesondere verläuft die Anschlussleitung durch die Bohrung. Insbesondere tritt die Anschlussleitung an einer Stirnseite aus der Achseinheit heraus. Das bietet eine besonders unaufwendige und zügige Montage und zugleich eine kompakte Unterbringung der entsprechenden Komponenten.

Die Anschlussleitung umfasst insbesondere wenigstens eine Steckereinheit. Beispielsweise ist eine Steckereinheit mit sechs oder acht Pins vorgesehen. So kann die Bremsvorrichtung besonders zügig und zugleich zuverlässig mit der zu bedienenden Komponente und beispielsweise einer Fahrzeugelektronik verbunden werden. Durch Aufstecken des Steckers kann die Bedieneinheit auch in der Montageposition (z.B. Halter des Bedienteils) fixiert werden.

Vorzugsweise ist der Magnetfeldsensor in der Achseinheit vergossen und/oder mit wenigstens einem Werkstoff umspritzt. Insbesondere ist dazu die Bohrung wenigstens teilweise mit dem Werkstoff gefüllt. Besonders bevorzugt ist die Leiterplatte in der Achseinheit mit wenigstens einem Werkstoff umspritzt. Vorzugsweise ist ein Kunststoff oder ein anderer geeigneter Werkstoff vorgesehen. So können der Magnetfeldsensor bzw. die Leiterplatte zuverlässig vor äußeren Einflüssen geschützt und zugleich unaufwendig befestigt werden.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung ist der Magnetfeldsensor an einem axialen Ende der Achseinheit stirnseitig und besonders bevorzugt stirnseitig zentriert angeordnet. Dabei ist der Magnetfeldsensor teilweise innerhalb der Achseinheit angeordnet. Diese Unterbringung bietet Vorteile sowohl hinsichtlich der Sensorqualität als auch des Montageaufwands sowie des Bauraumbedarfs. Insbesondere ist der Magnetfeldsensor an derjenigen Stirnseite der Achseinheit angeordnet, welche innerhalb des Drehkörpers angeordnet ist. Dabei ist die Magnetringeinheit vorzugsweise außerhalb des Drehkörpers angeordnet. Die Magnetringeinheit kann aber auch innerhalb des Drehkörpers angeordnet sein. In einer solchen Ausgestaltung kann der Magnetfeldsensor in Bezug zur axialen Richtung versetzt zu der Magnetringeinheit angeordnet sein. Der Magnetfeldsensor kann aber auch auf gleicher axialer Längsposition wie die Magnetringeinheit worden sein.

Insbesondere ist der Magnetfeldsensor unmittelbar an und/oder in der Achseinheit befestigt. Beispielsweise kann der Magnetfeldsensor mittels Umspritzen oder dergleichen mit der Achseinheit verbunden sein. Möglich ist aber auch, dass der Magnetfeldsensor mittels wenigstens eine Verbindungsstruktur an der Achseinheit befestigt ist. Der Magnetfeldsensor kann auch wenigstens teilweise in die Stirnseite Achseinheit eingelassen sein. Es es kann auch vorgesehen sein, dass der Magnetfeldsensor an einem axialen Ende der Achseinheit radial angeordnet ist.

Insbesondere umgibt die Magnetringeinheit die Achseinheit wenigstens abschnittsweise ringartig. Insbesondere ist die Magnetringeinheit radial um die Achseinheit angeordnet. Insbesondere ist die Magnetringeinheit in Bezug auf die Längsrichtung der Achseinheit derart angeordnet. Insbesondere sind die Magnetringeinheit und die Achseinheit in einer coaxialen Weise zueinander angeordnet. Dabei ist die Achseinheit vorzugsweise im Zentrum der Anordnung.

In einer vorteilhaften und bevorzugten Weiterbildung ist der Magnetfeldsensor wenigstens teilweise zwischen der Magnetringeinheit und der Achseinheit angeordnet. Insbesondere ist der Magnetfeldsensor dann radial innerhalb der Magnetringeinheit angeordnet. Insbesondere umgibt die Magnetringeinheit den Magnetfeldsensor dann ringartig.

Es ist bevorzugt, dass der Drehkörper mittels wenigstens einer Lagereinrichtung auf der Achseinheit drehbar gelagert ist. Zum Beispiel umfasst die Lagereinrichtung wenigstens ein Wälzlager und/oder Gleitlager und/oder wenigstens ein Lager einer anderen geeigneten Bauweise.

Die Bremseinrichtung umfasst vorzugsweise wenigstens eine Keillagereinrichtung. Der Bremseinrichtung kann auch wenigstens eine Keillagereinrichtung zugeordnet sein. Die Keillagereinrichtung umfasst insbesondere wenigstens einen und vorzugsweise eine Mehrzahl von Wälzkörpern. Es können zylindrische und/oder kugelförmige Wälzkörper vorgesehen sein. Die Keillagereinrichtung ist dabei insbesondere als ein Wälzlager ausgebildet oder umfasst wenigstens ein solches.

Die Bremseinrichtung ist insbesondere dazu geeignet und ausgebildet, mittels der Keillagereinrichtung und der Spuleneinheit und des magnetorheologischen Mediums die Drehbarkeit des Drehkörpers gezielt zu dämpfen und/oder zu verzögern und/oder zu blockieren. Die Bremseinrichtung ist insbesondere dazu geeignet und ausgebildet, mittels der Keillagereinrichtung und der Spuleneinheit und des magnetorheologischen Mediums ein Moment für die Drehbarkeit des Drehkörpers nach einer Verzögerung bzw. Blockierung auch wieder gezielt zu reduzieren.

Dabei ist die Keillagereinrichtung, insbesondere deren Wälzlager und bevorzugt dessen Wälzkörper, vorzugsweise axial zwischen der Magnetringeinheit und der Bremseinrichtung, insbesondere einer

Spuleneinheit der Bremseinrichtung, angeordnet. So ergibt sich eine besonders vorteilhafte Beabstandung der Magnetringeinheit zum Magnetfeld der Spuleneinheit.

Die Dämpfung erfolgt insbesondere über den sogenannten Keileffekt, welcher schon in früheren Patentanmeldungen der Anmelderin offenbart wurde (z. B. in DE 10 2018 100 390.0). Dazu befinden sich Wälzkörper im Drehkörper benachbart zur Spuleneinheit und Achseneinheit. Die Wälzkörper werden von magnetorheologischer Flüssigkeit umgeben. Das Magnetfeld der Spuleneinheit tritt über das Gehäuse des Drehkörpers durch die Wälzkörper durch und schließt über die Achseneinheit. Dabei bilden sich im magnetorheologischen Fluid Keile aus, die die Bewegung der Wälzkörper und somit des Drehkörpers bremsen. Die Wälzkörper können Kugeln, zylindrische Walzen oder andere Teile sein.

Der Magnetfeldsensor ist insbesondere axial zwischen der Keillagereinrichtung und der Magnetringeinheit angeordnet. Der Magnetfeldsensor kann auch axial zwischen der Spuleneinheit und der Magnetringeinheit angeordnet sein.

Die Magnetringeinheit ist insbesondere axial zwischen der Keillagereinrichtung und dem Magnetfeldsensor angeordnet. Die Magnetringeinheit kann axial zwischen der Spuleneinheit und dem Magnetfeldsensor angeordnet sein. Solche Ausführungen ermöglichen eine kompakte Bauweise und zugleich eine vorteilhafte Erfassungsqualität.

Es ist möglich, dass der Magnetfeldsensor und/oder die Magnetringeinheit an derjenigen Stirnseite des Drehkörpers angeordnet sind, an welcher auch eine Stirnseite der Achseinheit liegt, aus welcher wenigstens eine Signalleitung des Magnetfeldsensors austritt, sodass die Signalleitung nicht durch ein Magnetfeld der Bremseinrichtung verläuft. Das hat den Vorteil, dass die Signale des Magnetfeldsensors nicht durch das

Magnetfeld der Spuleneinrichtung gestört werden. Insbesondere ist auch die Anschlussleitung der Bremsvorrichtung an dieser Stirnseite angeordnet. Unter Stirnseite wird insbesondere ein axialer Endbereich verstanden.

Es ist auch möglich, dass der Magnetfeldsensor und insbesondere auch die Magnetringeinheit an derjenigen Stirnseite des Drehkörpers angeordnet sind, welche eine Stirnseite der Achseinheit gegenüberliegt, aus welcher wenigstens eine Signalleitung des Magnetfeldsensors austritt. In einer solchen Ausgestaltung erfolgt eine Signalübertragung in der Signalleitung vorzugsweise optisch. So werden die Signale des Magnetfeldsensors trotz des Hindurchtretens durch das Magnetfeld der Spuleneinrichtung nicht ungünstig gestört. Insbesondere erfolgt die Signalübertragung wenigstens dort optisch, wo die Signalleitung durch das Magnetfeld der Spuleneinrichtung verläuft. Insbesondere umfasst die Signalleitung wenigstens abschnittsweise wenigstens einen Lichtwellenleiter oder ist als ein solcher ausgebildet. Insbesondere verläuft die Signalleitung wenigstens abschnittsweise durch die Bohrung in der Achseinheit.

Die Signalleitung wird vorzugsweise wenigstens abschnittsweise durch wenigstens eine Bohrung in der Achseinheit bereitgestellt. Vorzugsweise dient die Achseinheit selbst als Lichtwellenleiter. Die Bohrung ist insbesondere die zuvor beschriebene Bohrung. In einer solchen Ausführung ist der Magnetfeldsensor insbesondere stirnseitig an der Achseinheit oder innerhalb der Achseinheit angeordnet.

In allen Ausgestaltungen ist es besonders bevorzugt, dass die Magnetringeinheit und/oder der Magnetfeldsensor innerhalb einer durch den Drehkörper begrenzten (radialen) Umfangslinie angeordnet sind. Insbesondere stehen die Magnetringeinheit und/oder der Magnetfeldsensor nicht über den (radialen) Umfang des Drehkörpers hinaus. Insbesondere ragen die Magnetringeinheit und/oder der Magnetfeldsensor nicht über einen Radius des

Drehkörpers hinaus. Insbesondere sind die Magnetringeinheit und der Magnetfeldsensor radial innerhalb von der Umfangslinie des Drehkörpers angeordnet. Insbesondere wird die Umfangslinie dabei durch den Drehkörper selbst und nicht durch ein auf dem Drehkörper angeordnetes Zusatzteil begrenzt.

Es ist möglich, dass die Magnetringeinheit außerhalb eines von dem Drehkörper begrenzten Aufnahmeraums angeordnet ist. Dabei ist insbesondere zwischen der Magnetringeinheit und dem Drehkörper wenigstens eine Dichtungseinrichtung angeordnet. Insbesondere liegt die Dichtungseinrichtung abdichtend an dem Drehkörper und der Achseinheit an, um das Austreten eines im Aufnahmeraum angeordneten magnetorheologischen Mediums zu verhindern. Die Dichtungseinrichtung umfasst insbesondere wenigstens einen Dichtabschnitt, welcher an der Achseinheit anliegt. Die Dichtungseinrichtung umfasst insbesondere wenigstens einen Dichtabschnitt, welcher an dem Drehkörper anliegt. Die Dichtungseinrichtung umfasst wenigstens eine Schleifdichtung oder ist als eine solche ausgebildet. Möglich ist aber auch, dass die Magnetringeinheit innerhalb des Aufnahmeraums angeordnet ist.

Vorzugsweise ist zwischen der Magnetringeinheit und der Bremseinrichtung, insbesondere deren Spuleneinheit, wenigstens eine insbesondere magnetisch leitfähige Wandung angeordnet. Insbesondere ist die Wandung dazu geeignet und ausgebildet, ein Magnetfeld der Magnetringeinheit derart abzuschirmen, dass dieses nicht in die Bremseinrichtung und/oder den Aufnahmeraum hinein streut und dadurch das magnetorheologische Medium ungünstig beeinflusst.

Die Wandung umfasst dazu insbesondere einen ferromagnetischen und/oder paramagnetischen Werkstoff oder besteht aus einem solchen. Die Wandung kann auch einen diamagnetischen Werkstoff umfassen oder aus einem solchen bestehen. Es ist möglich, dass der Drehkörper und/oder der Kern auch aus einem solchen Werkstoff gefertigt ist. Beispielsweise ist als Werkstoff eine Nickel-

Eisen-Legierung mit z. B. 69-82% Nickel vorgesehen. Möglich sind auch andere das Magnetfeld abschirmende Metalle (sog. μ -Metalle). Insbesondere weist die Wandung eine relative magnetische Permeabilität von wenigstens 1000 und vorzugsweise wenigstens 10.000 und besonders bevorzugt wenigstens 100.000 oder wenigstens 500.000 auf.

Die Wandung wird vorzugsweise wenigstens teilweise durch eine Stirnwand des Drehkörpers bereitgestellt. Das ist insbesondere eine geschlossene Stirnwand, durch welche sich die Achseinheit nicht erstreckt. Dann ist die Wandung insbesondere einstückig mit dem Drehkörper ausgebildet.

Möglich und bevorzugt ist auch, dass die Wandung eine offen ausgebildete Stirnseite des Drehkörpers wenigstens teilweise verschließt. Dann ist es bevorzugt, dass sich die Achseinheit durch die Wandung erstreckt. Dann weist die Wandung insbesondere wenigstens eine Durchgangsöffnung für die Achseinheit auf. Möglich und vorteilhaft ist auch, dass die Wandung als eine Tragstruktur für die Dichtungseinrichtung ausgebildet ist. Insbesondere sind an der Wandung jeweils wenigstens ein Dichtabschnitt für die Achseinheit und den Drehkörper befestigt. In solchen Ausführungen ist die Wandung insbesondere an der Achseinheit befestigt.

Es ist möglich, dass der Magnetfeldsensor innerhalb eines von dem Drehkörper begrenzten Aufnahmeraums angeordnet ist. Der Drehkörper stellt insbesondere einen Aufnahmeraum bereit. Insbesondere ist der Magnetfeldsensor mittels wenigstens einer Dichtungseinheit von einem im Aufnahmeraum angeordneten magnetorheologischen Medium getrennt. Die Dichtungseinheit umfasst insbesondere wenigstens einen radial um die Achseinheit verlaufenden Dichtring (O-Ring) oder dergleichen. Die Dichtungseinheit liegt insbesondere abdichtend an dem Drehkörper und der Achseinheit an. Bevorzugt ist, dass der Magnetfeldsensor

mittels wenigstens einer Wandung der Achseinheit von dem magnetorheologischen Medium getrennt ist.

Insbesondere ist der Magnetfeldsensor dann wenigstens teilweise in einer stirnseitigen Ausbuchtung des Drehkörpers angeordnet. Insbesondere liegt die Magnetringeinheit dann außerhalb des Drehkörpers. Die Ausbuchtung ist insbesondere zentriert an der Stirnseite angeordnet. In einer solchen Ausgestaltung ist der Magnetfeldsensor insbesondere stirnseitig in und/oder an der Achseinheit angeordnet. Die Ausbuchtung ist insbesondere an der Stirnseite des Drehkörpers angeordnet, aus welcher die Achseinheit nicht heraustritt. Der Magnetfeldsensor kann auch außerhalb des Drehkörpers angeordnet sein.

Es ist möglich und bevorzugt, dass der Magnetfeldsensor dazu geeignet und ausgebildet ist, zusätzlich zu der Drehposition auch wenigstens eine axiale Position des Drehkörpers in Bezug zu der Achseinheit zu erfassen. Insbesondere ist der Magnetfeldsensor dann als ein dreidimensionaler Magnetfeldsensor ausgebildet. Insbesondere erfolgt die Erfassung der axialen Position mittels der Magnetringeinheit. Insbesondere erfolgt die Erfassung der axialen Position mittels einer axialen Position der Magnetringeinheit relativ zum Magnetfeldsensor. Eine solche Ausgestaltung ist besonders vorteilhaft für eine Bremsvorrichtung, bei der auch mittels Druck- und Zugbewegungen die Bedienzustände eingestellt werden. Insbesondere ist die Bremsvorrichtung dazu geeignet und ausgebildet, Bedienzustände auch mittels wenigstens einer Druckbewegung einzustellen. Die Druckbewegung erfolgt insbesondere in Richtung der Drehachse für die Drehbewegung des Drehkörpers.

In einer vorteilhaften Weiterbildung umfasst der Magnetfeldsensor wenigstens zwei Sensoreinheiten. Insbesondere sind die Sensoreinheiten radial benachbart angeordnet. Vorzugsweise sind die Sensoreinheiten radial um ein gemeinsames Zentrum angeordnet. Das Zentrum liegt insbesondere in einer Längsachse bzw. Drehachse

der Achseinheit. Dadurch kann das Messergebnis erheblich verbessert werden. Es ist möglich, dass die Sensoreinheiten auf einer gemeinsamen Leiterplatte angeordnet sind. Dabei sind die Sensoreinheiten konzentrisch um die Leiterplatte angeordnet. Insbesondere weisen die Sensoreinheiten jeweils wenigstens einen aktiven Sensorabschnitt auf. Insbesondere sind die Sensoreinheiten von einer gemeinsamen Magnetringeinheit radial umgeben.

Insbesondere ist der Drehkörper um die Achseinheit drehbar. Insbesondere ist die Achseinheit feststehend ausgebildet. Insbesondere stellt die Achseinheit eine Tragstruktur für daran aufgenommene Komponenten und insbesondere für den daran gelagerten Drehkörper und/oder für die Bremseinrichtung und/oder für die Sensoreinrichtung bereit. Es kann vorgesehen sein, dass die Achseinheit in einem bestimmungsgemäß montierten Zustand der Bremsvorrichtung an wenigstens einer Konsole oder dergleichen angebunden ist. Insbesondere umfasst die Achseinheit wenigstens eine Achse, insbesondere Hohlachse, oder ist als eine solche ausgebildet. Insbesondere stellt eine (gedachte) Längsachse der Achseinheit die (gedachte) Drehachse des Drehkörpers bereit. Insbesondere sind die Achseinheit und der Drehkörper in einer coaxialen Weise zueinander angeordnet.

Möglich ist auch, dass die Achseinheit drehbar ist bzw. den drehenden Teil bildet und der die Achse umgebende Drehkörper feststehend ausgebildet ist. Insbesondere ist die Achseinheit dann im Drehkörper drehbar aufgenommen. Die Achseinheit kann dann auch als Welle bezeichnet werden.

Die elektrische Verbindung des (Magnetfeld-)Sensors erfolgt dann vorzugsweise nicht über Kabel bzw. kabelgebunden, sondern über relativ zueinander bewegbare und nicht fest miteinander gekoppelte Kontakte und z.B. über Schleifkontakte. Die elektrische Verbindung des (Magnetfeld-)Sensors kann auch drahtlos und beispielsweise durch induktive Energie- und

Datenübertragung und/oder optische Übertragung und/oder Funkübertragung wie z. B. Wlan, Bluetooth etc. erfolgen. Die elektrische Verbindung des Magnetfeldsensors kann auch über eine Wickelfeder und/oder ein biegsames Kabel erfolgen. Das ist dann vorteilhaft, wenn keine oder nur eine oder nur wenige vollständige Drehungen vorgesehen sind. Insbesondere ist die wenigstens eine Signalleitung des Magnetfeldsensors derart ausgebildet. Es ist möglich, dass auch die elektrische Kontaktierung der Bremseinrichtung (insbesondere der elektrischen Spule) derart ausgebildet ist, z. B. mittels induktiver Stromübertragung.

Der Drehkörper ist insbesondere hülsenartig ausgebildet, und besteht insbesondere aus magnetisch leitendem Material. Insbesondere umfasst der Drehkörper wenigstens eine Drehhülse oder ist als eine solche ausgebildet. Der Drehkörper ist insbesondere als ein Drehknopf ausgebildet. Insbesondere ist der Drehkörper zylindrisch ausgebildet. Der Drehkörper weist insbesondere zwei Stirnseiten und eine sich dazwischen erstreckende zylindrische Wandung auf. Dabei weist der Drehkörper vorzugsweise wenigstens eine verschlossene Stirnseite auf. Möglich ist auch, dass beide Stirnseiten wenigstens teilweise verschlossen sind. Insbesondere ist der Drehkörper einstückig ausgebildet, wobei insbesondere die zylindrische Wandung mit wenigstens einer Stirnwandung einstückig verbunden ist.

Insbesondere erstreckt sich die Achseinheit in den Drehkörper und vorzugsweise in dessen Aufnahmeraum. Insbesondere ist der Drehkörper derart ausgebildet und auf der Achseinheit angeordnet, dass sich die Achseinheit an einer offenen Stirnseite aus dem Drehkörper heraus erstreckt. Dabei ist insbesondere die andere Stirnseite des Drehkörpers verschlossen.

Die Bremseinrichtung umfasst insbesondere wenigstens eine ansteuerbare Spuleneinheit zur Erzeugung eines gezielten Magnetfeldes. Die Bremseinrichtung und vorzugsweise wenigstens

die Spuleneinheit sind insbesondere drehfest an der Achseinheit angeordnet.

Die Bremseinrichtung umfasst insbesondere wenigstens ein magnetorheologisches Medium. Das Medium ist insbesondere ein Fluid, welches vorzugsweise als Träger für Partikel eine Flüssigkeit umfasst. In dem Fluid sind insbesondere magnetische und vorzugsweise ferromagnetische Partikel vorhanden. Möglich ist auch, dass das Medium lediglich Partikel umfasst und auf das Trägermedium verzichtet wird (Vakuum).

Insbesondere ist die Bremseinrichtung in Abhängigkeit wenigstens eines von der Sensoreinrichtung erfassten Signals ansteuerbar. Vorzugsweise ist eine Steuereinrichtung zur Ansteuerung der Bremseinrichtung in Abhängigkeit der Sensoreinrichtung vorgesehen. Insbesondere ist die Steuereinrichtung dazu geeignet und ausgebildet, in Abhängigkeit des Signals der Sensoreinrichtung ein gezieltes Magnetfeld mit der Spuleneinheit zu erzeugen. Die Bremseinrichtung ist insbesondere auch eine Dämpfereinrichtung.

Insbesondere ist für das Medium wenigstens ein Aufnahmeraum vorgesehen. Insbesondere wird der Aufnahmeraum durch den Drehkörper bereitgestellt. Es ist möglich, dass in dem Aufnahmeraum weitere Komponenten und beispielsweise die Keillagereinrichtung und/oder die Spuleneinheit und/oder der Magnetfeldsensor und/oder die Magnetringeinheit angeordnet sind. Es ist möglich, dass der Aufnahmeraum in gegeneinander abgedichtete Teilräume unterteilt ist. Vorzugsweise ist ein Teilraum für das magnetorheologische Medium vorgesehen. Insbesondere ist der Magnetfeldsensor in einem anderen Teilraum bzw. nicht in dem Teilraum mit dem Medium angeordnet.

Insbesondere umfasst die Bremsvorrichtung, insbesondere die Bremseinrichtung, wenigstens eine Keillagereinrichtung und vorzugsweise wenigstens ein Wälzlager. Insbesondere ist die

Keillagereinrichtung, vorzugsweise deren Wälzkörper, von dem Medium (direkt) umgeben. Vorzugweise umfasst die Bremsvorrichtung wenigstens eine Dichtungseinrichtung und/oder wenigstens eine Dichteinheit, um ein Austreten des Mediums aus dem Aufnahmeraum zu verhindern. Insbesondere ist der Aufnahmeraum gegenüber dem Drehkörper und der Achseinheit abgedichtet. Die Keillagereinrichtung umgibt die Achseinheit insbesondere radial.

Die Sensoreinrichtung ist insbesondere als ein Absolutwertgeber ausgebildet. Die Sensoreinrichtung kann auch als ein Inkrementalgeber oder als eine andere geeignete Bauart ausgebildet sein. Die Sensoreinrichtung ist insbesondere mit der Steuereinrichtung und/oder der Bremseinrichtung wirkverbunden.

Die Magnetringeinheit ist insbesondere ringförmig geschlossen ausgebildet. Die Magnetringeinheit kann auch ringförmig offen ausgebildet sein. Insbesondere umfasst die Magnetringeinheit wenigstens einen Permanentmagnet oder ist als ein solcher ausgebildet. Insbesondere stellt die Magnetringeinheit wenigstens einen magnetischen Nordpol und wenigstens einem magnetischen Südpol bereit. Der Magnetringeinheit ist insbesondere wenigstens eine Abschirmeinrichtung zur Abschirmung ihres Magnetfeldes von dem Magnetfeld der Spuleneinheit zugeordnet. Die Abschirmeinrichtung umfasst insbesondere die zuvor beschriebene Wandung oder wird durch diese bereitgestellt.

Der Magnetfeldsensor ist insbesondere dazu geeignet und ausgebildet, die Ausrichtung des Magnetfeldes der Magnetringeinheit zu erfassen. Insbesondere ist der Magnetfeldsensor als ein Hall-Sensor (insbesondere 3D-Hall-Sensor) ausgebildet oder umfasst wenigstens einen solchen. Möglich sind auch andere geeignete Sensortypen zur Erfassung des Magnetfeldes der Magnetringeinheit.

Eine für die Verwendung mit der Erfindung geeignete Bremseinrichtung wird auch in der Patentanmeldung

DE 10 2018 100 390.0 beschrieben. Die gesamte Offenbarung der DE 10 2018 100 390.0 wird hiermit Teil des Offenbarungsgehalts der vorliegenden Anmeldung.

In allen Ausgestaltungen ist besonders bevorzugt wenigstens eine Abschirmeinrichtung zur wenigstens teilweisen Abschirmung der Sensoreinrichtung vor einem Magnetfeld einer bzw. der Spuleneinheit (elektrische Spule) der Bremseinrichtung umfasst. Die Abschirmeinrichtung umfasst wenigstens einen die Magnetringeinheit (wenigstens abschnittsweise und insbesondere vollständig) umgebenden Abschirmkörper und wenigstens eine zwischen dem Abschirmkörper und der Magnetringeinheit angeordnete Trenneinheit und wenigstens eine zwischen dem Abschirmkörper und dem Drehkörper angeordnete magnetische Entkopplungseinrichtung. Die Trenneinheit und die Entkopplungseinrichtung weisen insbesondere eine um ein Vielfaches geringere magnetische Leitfähigkeit als der Abschirmkörper auf.

Der Abschirmkörper ist insbesondere nicht zwischen dem Magnetfeldsensor und der Magnetringeinheit angeordnet, sodass der Abschirmkörper den Magnetfeldsensor nicht von dem zu erfassenden Magnetfeld der Magnetringeinheit abschirmt.

Vorzugsweise umgibt der Abschirmkörper die Magnetringeinheit wenigstens an einer radialen Außenseite wenigstens abschnittsweise und/oder der Abschirmkörper umgibt die Magnetringeinheit wenigstens an wenigstens einer axialen Seite wenigstens abschnittsweise, welche der Spuleneinheit der Bremseinrichtung zugewandt ist.

Vorzugsweise ist der Abschirmkörper als ein Abschirmring mit einem L-förmigen oder U-förmigen Querschnitt ausgebildet.

Die Trenneinheit umfasst insbesondere wenigstens einen zwischen dem Abschirmkörper und der Magnetringeinheit verlaufenden Spalt und wenigstens ein in dem Spalt angeordnetes Füllmedium.

Das Füllmedium verbindet vorzugsweise die Magnetringeinheit drehfest mit dem Abschirmkörper.

Die Anmelderin behält sich vor, eine Sensorvorrichtung zu beanspruchen, welche wenigstens eine Achseinheit und wenigstens einen relativ zur Achseinheit drehbaren Drehkörper wenigstens eine Sensoreinrichtung wenigstens zur Erfassung einer Drehposition des Drehkörpers umfasst. Dabei sind die Achseinheit, der Drehkörper und die Sensoreinrichtung wie hier für die erfindungsgemäße Bremsvorrichtung beschrieben ausgebildet.

Weitere Vorteile und Merkmale der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung der Ausführungsbeispiele, die im Folgenden mit Bezug auf die beiliegenden Figuren erläutert werden.

In den Figuren zeigen:

- Figur 1 eine rein schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Bremsvorrichtung in einer geschnittenen Seitenansicht;
- Fig. 2-4 rein schematische Darstellungen weiterer Ausgestaltungen der Bremsvorrichtung in geschnittenen Seitenansichten;
- Fig. 5 eine rein schematische Darstellung einer Achseinheit einer erfindungsgemäßen Bremsvorrichtung in einer geschnittenen Seitenansicht;
- Fig. 6-7a rein schematische Darstellungen weiterer Bremsvorrichtungen in geschnittenen Seitenansichten;
- Fig. 7b-7d Detailansichten der Bremsvorrichtung der Fig. 7a;
- Fig. 7e eine schematische Darstellung eines Verlaufs eines

Sensorsignals; und

Fig. 8a-8e schematische dreidimensionale Ansichten von Bremsvorrichtungen.

Figur 1 zeigt eine erfindungsgemäße Bremsvorrichtung 1, welche hier als Bedieneinrichtung 100 ausgebildet ist und einen drehbaren und als Fingerwalze 23 bzw. Daumenwalze 102 ausgebildeten Drehkörper 3 zur Einstellung von Bedienzuständen aufweist. Die Bedienung erfolgt hier also wenigstens durch Drehen des Drehkörpers 3.

Der Drehkörper 3 ist mittels einer hier nicht näher gezeigten Lagereinrichtung auf einer Achseinheit 2 drehbar gelagert. Die Achseinheit 2 bildet hier eine erste Bremskomponente 2 und der Drehkörper bildet die zweite Bremskomponente 3. Der Drehkörper 3 kann auch mittels einer hier als Wälzlager ausgebildeten Keillagereinrichtung 6 auf einer Achseinheit 2 drehbar gelagert sein. Bevorzugt ist die Keillagereinrichtung 6 jedoch nicht oder nur teilweise für die Lagerung 22 des Drehkörpers 3 auf der Achseinheit 2 vorgesehen, sondern dient für die nachfolgend vorgestellte Bremseinrichtung 4. Dabei dienen die Wälzkörper der Keillagereinrichtung 6 hier als die nachfolgend näher beschriebenen Bremskörper 44.

Die Achseinheit 2 kann an einem zu bedienenden Objekt und beispielsweise in einem Innenraum eines Kraftfahrzeugs oder an einem Medizingerät oder Smart Device montiert werden. Dazu kann die Achseinheit 2 hier nicht näher dargestellte Montagemittel aufweisen.

Es kann hier vorgesehen sein, dass der Drehkörper 3 auch in Längsrichtung bzw. entlang der Drehachse auf der Achseinheit 2 verschiebbar ist. Dann erfolgt eine Bedienung sowohl über das Drehen als auch ein Drücken und/oder Ziehen bzw. Verschieben des Drehknopfs 3.

Der Drehkörper 3 ist hier hülsenartig ausgebildet und umfasst eine zylindrische Wand und eine einstückig damit verbundene Stirnwand. An einer offenen Stirnseite des Drehkörpers 3 tritt die Achseinheit 2 heraus.

Die Fingerwalze 23 kann mit einem hier gestrichelt angedeuteten Zusatzteil 33 ausgestattet sein. Dadurch wird eine Durchmesserergrößerung erreicht, sodass die Drehbarkeit erleichtert wird, zum Beispiel bei einem mit einem Finger drehbaren Rad einer Computermaus 103 oder Gamecontroller, insbesondere einem Gamepad 105, oder einem Drehrad bei einer Computertastatur-Daumenwalze 102.

Die Drehbewegung des Drehknopfs 3 ist hier durch eine in einem Aufnahmeraum 13 im Inneren des Drehknopfs 3 angeordnete magnetorheologische Bremseinrichtung 4 gedämpft. Die Bremseinrichtung 4 erzeugt mit einer Spuleneinheit 24 ein Magnetfeld, das auf ein im Aufnahmeraum 13 befindliches magnetorheologisches Medium 34 einwirkt. Das führt zu einer lokalen und starken Vernetzung von magnetisch polarisierbaren Partikeln im Medium 34. Die Bremseinrichtung 4 ermöglicht dadurch eine gezielte Verzögerung und sogar ein vollständiges Blockieren und insbesondere auch ein gezieltes Freigeben der Drehbewegung. So kann mit der Bremseinrichtung 4 eine haptische Rückkopplung während der Drehbewegung des Drehkörpers 3 erfolgen, beispielsweise durch eine entsprechend wahrnehmbare Rasterung bzw. durch dynamisch einstellbare Anschläge.

Zur Versorgung und Ansteuerung der Spuleneinheit 24 umfasst die Bremseinrichtung 4 hier eine elektrische Anbindung 14, welche beispielsweise in der Art einer Leiterplatte 35 bzw. Prints oder als Kabelleitung ausgebildet ist. Die Anschlussleitung 11 erstreckt sich hier durch eine in Längsrichtung der Achseinheit 2 verlaufende Bohrung 12.

Der Aufnahmeraum 13 ist hier mit einer Dichtungseinrichtung 7 und

einer Dichtungseinheit 17 nach außen abgedichtet, um ein Austreten des Mediums 34 zu verhindern. Das Medium 34 ist hier ein magnetorheologisches Medium 34. Dabei verschließt die Dichtungseinrichtung 7 die offene Stirnseite des Drehkörpers 3. Dazu liegt ein erstes Dichtteil 27 an der Innenseite des Drehkörpers 3 an. Ein zweites Dichtteil 37 liegt an der Achseinheit 3 an. Die Dichtteile 27, 37 sind hier an einer als Wandung 8 ausgebildeten Tragstruktur befestigt und/oder ausgebildet.

Die Dichtungseinheit 17 ist hier als O-Ring ausgebildet und umgibt die Achseinheit 3 radial. Die Dichtungseinheit 17 liegt an der Achseinheit 2 und dem Drehkörper 3 an. Dadurch wird der mit dem Medium 34 befüllte Teil des Aufnahmeraums 13 gegenüber einem anderen Teil des Aufnahmeraums 13 abgedichtet.

Um die Drehposition des Drehkörpers 3 zu überwachen zur Ansteuerung der Bremseinrichtung 4 einsetzen zu können, ist hier eine Sensoreinrichtung 5 vorgesehen. Die Sensoreinrichtung 5 umfasst eine Magnetringeinheit 15 und einen Magnetfeldsensor 25.

Die Magnetringeinheit 15 ist hier diametral polarisiert und weist einen Nordpol und einen Südpol auf. Der hier als Hall-Sensor ausgebildete Magnetfeldsensor 25 misst das von der Magnetringeinheit 15 ausgehende Magnetfeld und ermöglicht so eine zuverlässige Bestimmung des Drehwinkels.

Zudem ist der Magnetfeldsensor 25 hier bevorzugt dreidimensional ausgebildet, sodass zusätzlich zur Rotation auch eine axiale Verschiebung des Drehkörpers 3 gegenüber der Achseinheit 2 gemessen werden kann. Dadurch können sowohl die Drehung als auch eine Druckknopf-Funktion (Push/Pull) gleichzeitig mit demselben Magnetfeldsensor 25 gemessen werden. Die Bremsvorrichtung 1 kann aber auch nur mit einer Drehfunktion ausgestattet sein.

Die Sensoreinrichtung 5 ist besonders vorteilhaft in die

Bremsvorrichtung 1 integriert. Dazu ist der Magnetfeldsensor 25 hier in die Bohrung 12 der Achseinheit 2 eingesetzt. Die Magnetringeinheit 15 umgibt den Magnetfeldsensor 25 radial und ist an dem Drehkörper 3 befestigt. Das hat den Vorteil, dass nicht Längentoleranzen, sondern nur genau herzustellende Durchmesser-Toleranzen zur Geltung kommen. Die radiale Lagerluft zwischen dem sich drehenden Drehkörper 3 und der stillstehenden Achseinheit 2 sind entsprechend gering und auch in der Serienfertigung gut beherrschbar.

Ein weiterer Vorteil ist, dass axiale Bewegungen bzw. Verschiebungen zwischen Drehkörper 3 und Achseinheit 2 das Sensorsignal nicht ungünstig beeinflussen, da in die radiale Richtung gemessen wird und der radiale Abstand für die Qualität des Messsignals im Wesentlichen maßgebend ist.

Ein Vorteil ist auch, dass die hier gezeigte Anordnung besonders unempfindlich gegen Verschmutzung und Flüssigkeiten ist, da der Sensor innen liegend angeordnet ist. Zudem kann der Magnetfeldsensor 25 in der Bohrung 12 beispielsweise mit einem Kunststoff umspritzt werden.

Um die Unterbringung des Magnetfeldsensor 25 weiter zu verbessern, ist dieser hier auf einer Leiterplatte 35 bzw. Print angeordnet. Dabei ist hier an der Leiterplatte 35 auch die Spuleneinheit 24 bzw. deren Anbindung 14 kontaktiert.

Des Weiteren ist an der Leiterplatte 35 auch die Anschlussleitung 11 angebunden, über welche die gesamte Bremsvorrichtung 1 mit dem zu bedienenden System verbunden wird. So kann an der Leiterplatte 35 beispielsweise ein 6- oder 8-poliger Stecker befestigt werden, über den dann sowohl der Magnetfeldsensor 25 als auch die Spuleneinheit 24 mit der entsprechenden Steuerung verbunden werden. In der Anschlussleitung 11 ist hier auch die Signalleitung 45 zum Übermitteln des Sensorsignals angeordnet.

So kann die Bremsvorrichtung 1 besonders einfach und schnell installiert werden. Um das ganze System besonders robust gegenüber Fehlern und Störungen zu gestalten, kann die Leiterplatte 35 in der Bohrung 12 mitsamt des Magnetfeldsensors 25 in der Achseinheit 2 vergossen werden.

In der Figur 2 ist eine Ausgestaltung der Bremsvorrichtung 1 gezeigt, welche sich im Wesentlichen in der konstruktiven Unterbringung der Sensoreinrichtung 5 von der zuvor beschriebenen Ausführung unterscheidet. Dabei ist die Magnetringeinheit 15 hier an derjenigen Stirnseite des Drehkörpers 3 angeordnet, welche verschlossen ist bzw. durch welche sich nicht die Achseinheit 2 erstreckt.

Für den Magnetfeldsensor 25 ist hier eine besonders Bauraum sparende Unterbringung innerhalb der Achseinheit und innerhalb des Drehkörpers 3 vorgesehen. Dazu ist der Magnetfeldsensor 25 mit einem aktiven Sensorteil im Aufnahmeraum 13 angeordnet. Ein anderer Teil des Magnetfeldsensors 25 erstreckt sich in die Achseinheit 2 und ist dort befestigt. Dabei liegt der Magnetfeldsensor 25 in dem Teil des Aufnahmeraums 13, welcher durch die Dichtungseinheit 17 von dem Teil mit dem Medium 34 abgetrennt ist. Dieser Teil des Aufnahmeraums 13 liegt hier in einer zentralen Ausbuchtung des Drehkörpers 3. Dabei ist der Magnetfeldsensor 25 hier an einer Stirnseite der Achseinheit 2 befestigt.

Die axial versetzte Positionierung der Magnetringeinheit 15 ist hier stark schematisiert und kann beispielsweise auch enger an dem Drehkörper 3 anliegend erfolgen, sodass die Magnetringeinheit 15 den Magnetfeldsensor 25 ringförmig umgibt.

Bei der hier gezeigten Ausgestaltung ist der Magnetfeldsensor 25 an derjenigen Stirnseite des Drehkörpers 3 angeordnet, welche der Austrittsseite für die Signalleitung 45 bzw. die Anschlussleitung 11 gegenüberliegt. Daher wird das Sensorsignal hier durch die

Bohrung 12 in der Achseinheit 2 zur gegenüberliegenden Seite geleitet und muss daher das Magnetfeld der Spuleneinheit 24 passieren.

Um eine Störung des Signals zu vermeiden, erfolgt die Signalübertragung hier optisch. Dazu wird das Lichtsignal hier einfach durch die Bohrung 12 der Achseinheit 2 hindurchgestrahlt. Es kann aber auch vorgesehen sein, dass die Signalleitung 45 wenigstens im Bereich der Spuleneinheit 24 als ein Lichtwellenleiter ausgebildet ist. Zum Senden bzw. Empfangen der Signale sind entsprechende hier nicht näher dargestellte Fotodioden vorgesehen.

Die Figur 3 zeigt eine Ausgestaltung, welche sich im Wesentlichen im konstruktiven Aufbau der Achseinheit 2 von den zuvor beschriebenen Ausführungen unterscheidet. Dabei umfasst die Achseinheit 2 hier einen Achsabschnitt 415, welcher den Magnetfeldsensor 25 radial umgibt. Der Achsabschnitt 415 weist eine geringere magnetische Leitfähigkeit auf als ein Kern 21, welcher hier eine Wicklung der elektrischen Spule 24 der Bremseinrichtung 4 trägt. So kann das Magnetfeld der Magnetringeinheit 15 die Achseinheit 2 im Bereich des Magnetfeldsensors 25 besonders gut durchdringen, sodass eine verbesserte Sensorauflösung möglich ist.

Der Kern 21 stellt hier einen tragenden zweiten Achsabschnitt 425 der Achseinheit 2 bereit. Dazu sind die Achsabschnitte 415, 425 hier fest miteinander verbunden und z. B. verschraubt. Die Achsabschnitte 415, 425 sind hier so bemessen, dass das Dichtteil 37 auf dem Kern 21 aufliegt. Da der Kern 21 hier aus einem härteren Werkstoff als der Achsabschnitt 415 besteht, wird so ein Einlaufen des Dichtteils 37 auf der Achseinheit 2 zuverlässig vermieden.

In der Figur 4 ist eine Ausgestaltung der Achseinheit 2 gezeigt, bei welcher der zweite Achsabschnitt 425 den ersten Achsabschnitt

415 abschnittsweise radial umgibt. Der zweite Achsabschnitt 425 wird hier wieder durch den Kern 21 für die Spule 24 bereitgestellt. Dabei ist der erste Achsabschnitt 415 im axialen Bereich des Magnetfeldsensors 25 freiliegend ausgebildet. So wird der Magnetfeldsensor 25 dort nicht vom Kern 21 abgeschirmt. Im Bereich der Bremseinrichtung 4 umgibt der zweite Achsabschnitt 425 bzw. der Kern 21 dann den ersten Achsabschnitt 415 radial. Dadurch kann der Kern 21 besonders unaufwendig montiert werden.

Bei den in den Figuren 1 bis 4 gezeigten Ausführungen ist die Wandung 8 magnetisch leitfähig ausgebildet. Dadurch kann verhindert werden, dass sich das Magnetfeld der Magnetringeinheit 15 und das Magnetfeld der Spuleneinheit 24 gegenseitig ungünstig beeinflussen. Beispielsweise ist die Wandung 8 aus einem Magnetfeld abschirmenden Metall und beispielsweise aus einem Metall mit einer relativen magnetischen Permeabilität von wenigstens 100.000 ausgebildet. Beispielsweise ist die Wandung 8 aus einer Nickel-Eisen-Legierung gefertigt. Zugleich dient die Wandung 8 hier als Anbindung für die Dichtungseinrichtung 7. Um das Magnetfeld der in der Figur 2 gezeigten Magnetringeinheit 15 von dem Magnetfeld der Spuleneinheit 24 abzuschirmen, ist dort die Stirnseite des Drehkörpers 3 aus einem magnetisch leitfähigen Material gefertigt.

Die Figur 5 zeigt eine Detaildarstellung einer Achseinheit 2, welche hier aus drei Achsabschnitten 415, 425, 435 besteht. Dabei dient ein erster Achsabschnitt 415 als Aufnahme für den Magnetfeldsensor 25 und ist dazu wie zuvor mit Bezug zu den Figuren 3 und 4 beschrieben ausgebildet. Daran angebunden ist hier ein zweiter Achsabschnitt 425, welcher durch den Kern 21 gebildet wird. Daran schließt sich hier ein dritter Achsabschnitt 435 an, welcher das axiale Ende der Achseinheit 2 bildet. Dadurch kann an dem dritten Achsabschnitt 435 zum Beispiel der Drehkörper 3 befestigt werden. Möglich ist auch, dass sich an den dritten Achsabschnitt 435 ein weiterer Kern 21 anschließt. So kann ein entsprechend weitläufiges Magnetfeld mit

einer starken Bremswirkung erzeugt werden.

Die Figur 6 zeigt eine erfindungsgemäße Bremsvorrichtung mit einer Abschirmeinrichtung 9 zur Abschirmung der Sensoreinrichtung 5 vor dem Magnetfeld der Spuleneinheit 24 der Bremseinrichtung 4. Die hier gezeigte Bremsvorrichtung 1 unterscheidet sich von den zuvor beschriebenen Bremsvorrichtungen 1 neben der Abschirmeinrichtung 9 insbesondere auch durch die Ausgestaltung des Drehkörpers 3 und des Zusatzteils 33. Die hier gezeigte Bremsvorrichtung 1 ist beispielsweise ein Mausrad 106 einer Computermouse 103 oder eine Fingerwalze 23 oder eine Daumenwalze 102.

Der Drehkörper 3 ist hier als eine zylindrische Hülse ausgebildet und an seiner Außenseite vollständig von dem Zusatzteil 33 umgeben. Dabei schließt das Zusatzteil 33 den Drehkörper 3 an derjenigen radialen Stirnseite ab, welche von der Magnetringeinheit 15 abgewandt ist.

Das Zusatzteil 33 weist eine radial umlaufende Erhebung mit einem erheblich vergrößerten Durchmesser auf. Dadurch eignet sich die hier gezeigte Bremsvorrichtung 1 besonders gut als Mausrad 106 einer Computermouse 103 oder dergleichen. Die Erhebung ist hier mit einer Nut ausgestaltet, in welche hier ein besonders griffiger Werkstoff und z. B. Gummi eingebettet ist.

Die hier gezeigte Bremsvorrichtung 1 weist zwei voneinander beabstandete Keillagereinrichtungen 6 auf. Die Keillagereinrichtungen 6 sind jeweils mit mehreren radial um die Achseinheit 2 angeordneten Bremskörpern 44 ausgestattet. Zwischen den Keillagereinrichtungen 6 ist die Spuleneinheit 24 angeordnet. Die Bremskörper 44 sind hier beispielsweise Wälzkörper, welche sich an der Innenseite des Drehkörpers 3 bzw. der Außenseite der Achseinheit 2 abrollen bzw. dort angeordnet sind und einen geringen und insbesondere minimalen Abstand zu der Außenseite der Achseinheit aufweisen.

Die Magnetringeinheit 15 ist drehfest mit dem Drehkörper 3 gekoppelt, sodass die Magnetringeinheit 15 bei einer Drehung des Drehkörpers 3 mitgedreht wird. Der Magnetfeldsensor 25 ist hier in die Bohrung 12 der Achseinheit 2 eingesetzt. Die Magnetringeinheit 15 umgibt den Magnetfeldsensor 25 radial und ist axial endständig angeordnet. Der Magnetfeldsensor 25 ist hier mit einem axialen Versatz zum axialen Zentrum der Magnetringeinheit 15 angeordnet. Dadurch ergibt sich eine besonders hochauflösende und reproduzierbare Sensierung der axialen Position des Drehkörpers 3 in Bezug zur Achseinheit 2.

Die Abschirmeinrichtung 9 umfasst einen hier als Abschirmring 190 ausgebildeten Abschirmkörper 19. Die Abschirmeinrichtung 9 umfasst zudem eine Trenneinheit 29, welche hier durch einen mit einem Füllmedium 291 gefüllten Spalt 290 bereitgestellt wird. Zudem umfasst die Abschirmeinrichtung 9 eine magnetische Entkopplungseinrichtung 39, welche hier durch eine Entkopplungshülse 390 und einen Entkopplungsspalt 391 bereitgestellt wird.

Die Entkopplungshülse 190 umfasst hier eine Axialwand 392, an welcher die Dichtungseinrichtung 7 angeordnet ist. Zudem kann an der Axialwand 392 eine hier nicht näher dargestellte Lagereinrichtung 22 angeordnet sein.

Der Abschirmkörper 19 ist hier mit einem L-förmigen Querschnitt ausgestattet und aus einem magnetisch besonders leitfähigen Werkstoff gefertigt. Der Abschirmkörper 19 umgibt die Magnetringeinheit 15 an ihrer radialen Außenseite und an ihrer der Spuleneinheit 24 zugewandten axialen Seite. Zur magnetischen Entkopplung ist zwischen dem Abschirmkörper 19 und der Magnetringeinheit 15 der Spalt 290 angeordnet und mit einem Füllmedium 291 gefüllt. Dabei weist das Füllmedium 291 eine besonders geringe magnetische Leitfähigkeit auf. Zudem ist die Magnetringeinheit 15 über das Füllmedium 291 an dem Abschirmkörper 19 befestigt.

Zwischen dem Drehkörper 3 und dem Abschirmkörper 19 wird eine magnetische Entkopplung durch die Entkopplungseinrichtung 39 erreicht. Dazu weisen die Entkopplungshülse 390 und ein im Entkopplungsspalt 391 angeordnetes Füllmedium 291 ebenfalls eine besonders geringe magnetische Leitfähigkeit auf. Die Entkopplungshülse 391 ist hier drehfest mit dem Abschirmkörper 19 und dem Zusatzteil 33 sowie dem Drehkörper 3 verbunden.

Um den Drehkörper 3 noch besser von der Sensoreinrichtung 5 entkoppeln zu können, ist der Drehkörper 3 hier axial beabstandet zur Entkopplungshülse 390 angeordnet. Das Ende des Drehkörpers 3, welches der Magnetringeinheit 15 zugewandt ist, ragt dabei nicht über den Bremskörper 44 hinaus. Zudem ist der Drehkörper 3 gegenüber dem Zusatzteil 33 axial zurückversetzt bzw. verkürzt. Dadurch ergibt sich auf sehr kleinem Bauraum eine besonders vorteilhafte magnetische und räumliche Trennung von Drehkörper 3 und Entkopplungshülse 390.

Da das Magnetfeld der Spuleneinheit 24 für die Bremswirkung über den Drehkörper 3 fließt, bietet eine solche Ausgestaltung eine besonders gute Abschirmung. Damit dieser magnetische Fluss den Magnetfeldsensor 25 möglichst wenig beeinflusst, wird der Drehkörper 3 in axialer Richtung früher beendet und das magnetisch nicht leitende Zusatzteil 33 übernimmt die konstruktiven Funktionen (Lagerstelle, Dichtstellen...). Der Abstand zum Magnetfeldsensor 25 ist dadurch auch größer und die Baugruppe wird insgesamt leichter.

Der Drehkörper 3 ist aus einem magnetisch besonders leitfähigen Material. Das Zusatzteil 33 und die Entkopplungshülse 390 sind hingegen aus einem magnetisch nicht leitfähigen Material. Der Abschirmkörper 19 und der Drehkörper 3 sind hier beispielsweise aus einem μ -Metall. Die hier als magnetisch nicht leitfähig beschriebenen Komponenten bestehen beispielsweise aus Kunststoff und weisen eine relative magnetische Permeabilität von kleiner 10 auf.

Die problematischen Felder, die die Drehwinkelmessung in der Regel stören können, sind vor allem die Felder in radialer Richtung. Diese Felder werden hier mit einem als Mantel wirkenden Abschirmkörper 19 aus geeignetem Material abgeschirmt, z. B. magnetisch leitendem Stahl. Zusätzlich kann so das Magnetfeld der Magnetringeinheit 15 noch verstärkt werden. Dadurch kann die Magnetringeinheit 15 kleiner (dünner) dimensioniert werden und so Material, Bauvolumen und Herstellungskosten eingespart werden.

Die Konstruktion wird erfindungsgemäß auch dadurch verbessert, dass die Wandstärke des Abschirmkörpers 19 variiert wird und ein Spalt 290 zwischen Magnetringeinheit 15 und Abschirmkörper 19 vorgesehen ist. Durch den Spalt 290 zwischen Magnetringeinheit 15 und Abschirmkörper 19 kann die Abschirmung und die Verstärkung optimal angepasst werden. Das Material des Abschirmkörpers 19 ist hier so gewählt, dass es nicht in magnetische Sättigung geht, damit äußere Magnetfelder ausreichend abgeschirmt werden (Material in Sättigung lässt Magnetfelder gleich wie Luft durch, also mit der magnetischen Feldkonstante μ_0). Bei vorteilhafter Auslegung des Spaltes 290 zwischen Magnetringeinheit 15 und Abschirmkörper 19 schließt sich das Magnetfeld nicht zu stark über den Abschirmkörper 19 und das Feld in im Zentrum beim Magnetfeldsensor 25 ist ausreichend homogen und wird erhöht verglichen mit einer Magnetringeinheit 15 gleicher oder größer ohne Abschirmkörper 19.

Die hier gezeigte Dimensionierung der Abschirmeinrichtung 9 ist besonders gut für ein Mäusrad 106 einer Computermaus 103 geeignet und weist beispielsweise die nachfolgenden Abmessungen auf. Der Abschirmring 190 ist 0,5 mm dick, der Abstand zwischen Abschirmring 190 und Magnetringeinheit 15 auch 0,5 mm, die Breite der Magnetringeinheit 15 ist 2 mm und der Durchmesser der Magnetringeinheit 15 ist 8 mm. In diesem Fall ist das mögliche Störfeld von der Spuleneinheit 24 bei 140 μT , dadurch ergibt sich ein möglicher Fehler in der Winkelmessung von $0,1^\circ$ (vgl. Erdmagnetfeld: ca. 48 μT in Europa).

Figur 7a zeigt eine Variante, bei der eine Push-Pull-Funktion integriert ist. Ein Taster 474 kann betätigt werden und wird automatisch zurückgestellt. Die Durchmesser der beiden Lagerstellen 412, 418 sind hier gleich groß gewählt. Dadurch ändert sich bei einer relativen axialen Verschiebung der ersten Bremskomponente 2 (entspricht der Achseinheit) zu der zweiten Bremskomponente 3 (entspricht dem Drehkörper) das Volumen innerhalb der Kammer nicht. Eine Verschiebung der ersten Bremskomponente 2 in der Orientierung von Figur 7a nach links hin führt dazu, dass der Abstand des Magnetfeldsensors 25 von der Magnetringeinheit 15 vergrößert bzw. verändert wird.

Durch eine Axialverschiebung verändert sich das empfangene Signal 468 gemäß der Darstellung von Figur 7e. Figur 7e zeigt den Verlauf der Amplitude 469 des durch den Magnetfeldsensor 25 detektierten Signals 468 in Abhängigkeit zur axialen Verschiebung der Bremskomponenten 2, 3 (horizontale Achse) dargestellt. Durch eine axiale Verschiebung des Magnetfeldsensors 25 gegenüber der Magnetringeinheit 15 verändert sich die Amplitude 469 des detektierten Signals 468. Eine axiale Verschiebung bzw. ein Herunterdrücken des Zusatzteils 33 oder eine seitliche Verschiebung des Zusatzteils 33 kann so detektiert werden. Mit dem gleichen Magnetfeldsensor 25 kann auch der Drehwinkel erfasst werden, wobei zur Erfassung des Drehwinkels die Richtung des Magnetfeldes ermittelt wird. Die Intensität bestimmt die axiale Position. Aus einer Veränderung des Signals 468 kann deshalb auf eine axiale Betätigung der Bremsvorrichtung 1 bzw. des Tasters 474 geschlossen werden. Das ist vorteilhaft, da ein einziger (mehrdimensionaler) Hallsensor zur Bestimmung der Winkelposition und der Bestimmung einer Axialposition verwendet werden kann.

In der Figur 7a ist die erste Bremskomponente 2 im Inneren der zweiten Bremskomponente 3 angeordnet und wird durch einen Halter 404 formschlüssig und/oder kraftschlüssig gehalten. Der Halter 404 kann beispielsweise an einer externen Konsole oder an einem Gerät befestigt werden. Der Halter 404 wird regelmäßig drehfest

befestigt. Die zweite Bremskomponente 3 ist relativ zu der ersten Bremskomponente 2 kontinuierlich drehbar daran aufgenommen.

Der Halter 404 kann, wie in Figuren 7b und 7c dargestellt, bevorzugt zweiteilig ausgeführt sein. Dadurch wird vor allem die Montage der elektrischen Leitungen und insbesondere der Sensorleitung 45 innerhalb der ersten Bremskomponente 2 vereinfacht. Die Kabel können durch die hier offene Kabeldurchführung bzw. Bohrung 12 gelegt werden.

In Figur 7d ist die Sensoreinrichtung 5 noch einmal im Detail dargestellt. Die erste Bremskomponente 2 und die hier als Drehteil ausgeführte zweite Bremskomponente 3 sind nur angedeutet (gestrichelte Linien). Die Sensoreinrichtung 5 stützt sich über die Entkopplungseinrichtung 39 an der drehbaren zweiten Bremskomponente 3 magnetisch entkoppelt ab. Die Abschirmeinrichtung 9 besteht hier aus einem dreiteiligen Abschirmkörper 19. Darüber hinaus ist außerdem noch eine Trenneinheit 29 zur magnetischen Trennung vorhanden. Die Magnetringeinheit 15 wird zum Messen der Orientierung bzw. des Drehwinkels der magnetorheologischen Bremseinrichtung 1 genutzt. Der Magnetfeldsensor 25 ist innerhalb der ersten Bremskomponente 2 angeordnet. Kleine relative axiale Verschiebungen können außerdem genutzt werden, um ein Herunterdrücken beispielsweise eines Bedienknopfs 101 zu detektieren.

Figuren 8a bis 8f zeigen Geräte, welche mit der Erfindung ausgestattet sind. Die Bremsvorrichtungen 1 sind hier jeweils als haptische Bedieneinrichtung 100 ausgeführt.

Figur 8a zeigt einen haptischen Bedienknopf 101. Der Bedienknopf ist über eine Konsole 50 befestigt. Der Bedienknopf 101 wird über das Hülsenteil bedient. Die Benutzerschnittstelle kann zusätzlich genutzt werden, um Informationen zu übermitteln.

In Figur 8b ist die Bremsvorrichtung 1 als Daumenwalze 102 mit haptischer Bedieneinrichtung 100 dargestellt. Die Daumenwalze 102 ist bevorzugt beispielsweise in Lenkrädern einsetzbar. Die

Daumenwalze 102 ist jedoch nicht auf diesen Anwendungsfall beschränkt. Die Daumenwalze 102 kann allgemein je nach Einbausituation auch mit jedem anderen Finger nutzbar sein.

In Figur 8c und Figur 8d ist die erfindungsgemäße Bremsvorrichtung 1 als Mauseisrad 106 einer Computermaus 103 ausgeführt. Die magnetorheologische Bremsanrichtung 1 kann genutzt werden, um ein haptisches Feedback zu steuern.

Figur 8e zeigt einen Joystick 104 mit einer Bremsvorrichtung 1 als haptische Bedieneinrichtung 100. Figur 8f zeigt ein Gamepad 105 mit der Bremsvorrichtung 1, um dem Spieler in Abhängigkeit der Spielsituation ein haptisches Feedback zu geben.

Der vorzugsweise niederlegierte Stahl kann ein Restmagnetfeld behalten. Der Stahl wird vorzugsweise regelmäßig oder bei Bedarf entmagnetisiert (u.a. durch ein spezielles Wechselfeld).

Bevorzugt wird für die vom Magnetfeld durchflossenen Komponenten der Werkstoff FeSi3P (Siliziumstahl bzw. Silicon Steel) oder ein artverwandter Werkstoffe verwendet.

In allen Fällen kann eine Sprach- oder Geräuschsteuerung durchgeführt werden. Mit der Sprachsteuerung kann die Bremsanrichtung adaptiv gesteuert werden.

Wenn die Dreheinheit nicht gedreht wird, d. h. der Winkel ist konstant, wird vorzugsweise über die Zeit der Strom kontinuierlich verringert. Der Strom kann auch geschwindigkeitsabhängig (Drehwinkelgeschwindigkeit der Dreheinheit) variiert werden.

Das vorgestellte Prinzip des Sensoraufbaus ist nicht nur rein auf magnetorheologische Drehdämpfer beschränkt, sondern kann auf jedes Gerät mit drehbaren Teilen angewendet werden, wo eine besonders vorteilhafte Messung des Drehwinkels gewünscht wird.

Bezugszeichenliste:

1	Bremsvorrichtung	104	Joystick
2	Achseinheit	105	Gamepad
3	Drehkörper	106	Mausrad
4	Bremseinrichtung	190	Abschirmring
5	Sensoreinrichtung	226	Rasterpunkt
6	Keillagereinrichtung	228	Endanschlag
7	Dichtungseinrichtung	229	Endanschlag
8	Wandung	237	Winkelabstand
9	Abschirmeinrichtung	238	Anschlagmoment
11	Anschlussleitung	239	Rastermoment
12	Bohrung	240	Grundmoment
13	Aufnahmeraum	290	Spalt
14	Anbindung	291	Füllmedium
15	Magnetringeinheit	390	Entkopplungshülse
17	Dichtungseinheit	391	Entkopplungsspalt
19	Abschirmkörper	392	Axialwand
21	Kern	404	Halter
22	Lagereinrichtung	412	Lagerstelle
23	Fingerwalze	415	Achsabschnitt
24	Spuleneinheit	416	Durchmesser
25	Magnetfeldsensor	417	Durchmesser
27	Dichtteil	418	Lagerstelle
29	Trenneinheit	425	Achsabschnitt
33	Zusatzteil	435	Achsabschnitt
34	Medium	448	Gleitringführung
35	Leiterplatte	468	Signal
37	Dichtteil	469	Amplitude
39	Entkopplungseinrichtung	474	Taster
44	Bremskörper		
45	Signalleitung		
50	Konsole		
100	Bedieneinrichtung		
101	Bedienkopf		
102	Daumenwalze		
103	Computermouse		