



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2017 108 016.3**  
(22) Anmeldetag: **13.04.2017**  
(43) Offenlegungstag: **18.10.2018**

(51) Int Cl.: **G02B 21/00** (2006.01)  
**G01Q 30/04** (2010.01)  
**H01J 37/26** (2006.01)  
**G01N 24/00** (2006.01)

(71) Anmelder:  
**Carl Zeiss Microscopy GmbH, 07745 Jena, DE**

(72) Erfinder:  
**Kühm, Andreas, 07774 Dornburg-Camburg, DE;**  
**Presser, Nico, 07743 Jena, DE**

(74) Vertreter:  
**Prisma IP Patentanwaltskanzlei, 80637 München,**  
**DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

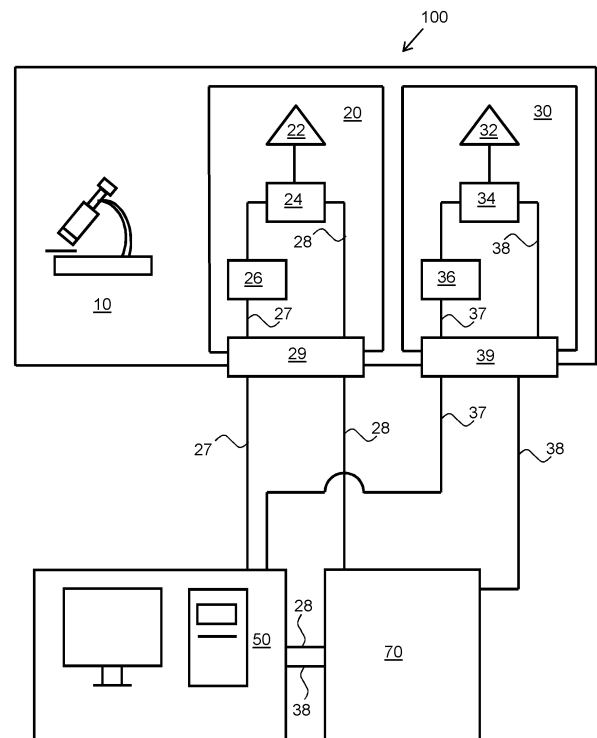
<b>US</b>	<b>6 711 283</b>	<b>B1</b>
<b>US</b>	<b>2017 / 0 094 095</b>	<b>A1</b>
<b>US</b>	<b>5 432 871</b>	<b>A</b>

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.**

(54) Bezeichnung: **Mikroskopsystem und Verfahren zum Betreiben eines Mikroskopsystems**

(57) Zusammenfassung: Ein Mikroskopsystem umfasst ein Mikroskop (10) mit mindestens einem Mikroskopsensor (20, 30). Jeder Mikroskopsensor (20, 30) umfasst jeweils: eine Messeinrichtung (22, 32) zum Aufnehmen von Probensignalen; einen Analog-Digital-Wandler (24, 34) zum Umwandeln von aufgenommenen Probensignalen in Digitaldaten; eine Datenkompressionseinrichtung (26, 36), welche einen komprimierten Datenstrom (27, 37) aus den Digitaldaten erzeugt; und eine Datenausgabe-Schnittstelle (29, 39), welche den komprimierten Datenstrom (27, 37) sowie einen Rohdatenstrom (28, 38) ausgibt, welcher Digitaldaten umfasst, die nicht komprimiert wurden. Das Mikroskopsystem umfasst außerdem einen Anwendercomputer (50), an den der komprimierte Datenstrom (27, 37) gesendet wird, sowie einen Datenspeicher (70), an den der Rohdatenstrom (28, 38) gesendet wird. Der Anwendercomputer (50) berechnet Echtzeitbilder aus dem komprimierten Datenstrom (27, 37) und für eine nachträgliche Datenanalyse liest und verarbeitet er den Rohdatenstrom (28, 38) vom Datenspeicher (70). Zudem wird ein Verfahren zum Betreiben eines solchen Mikroskopsystems beschrieben.



## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich in einem ersten Aspekt auf ein Mikroskopsystem nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

**[0002]** In einem zweiten Gesichtspunkt betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betreiben eines Mikroskopsystems nach dem Oberbegriff des Anspruchs 12.

**[0003]** Ein gattungsgemäßes Mikroskopsystem umfasst ein Mikroskop, welches zum Untersuchen einer Probe mindestens einen Mikroskopsensor umfasst. Bei dem Mikroskop kann es sich beispielsweise um ein Lichtmikroskop, ein Elektronenmikroskop, ein Rasterkraftmikroskop, ein Röntgenmikroskop, ein Magnetresonanzmikroskop oder eine Kombination hieraus handeln. Die Probe kann beliebiger Art sein, beispielsweise kann es sich um eine biologische Probe, eine Elektronikkomponente, eine Flüssigkeit oder einen Festkörper handeln. Jeder Mikroskopsensor des gattungsgemäßen Mikroskopsystems umfasst jeweils: eine Messeinrichtung zum Aufnehmen von Probensignalen, einen Analog-Digital-Wandler zum Umwandeln von aufgenommenen Probensignalen in Digitaldaten und eine Datenausgabe-Schnittstelle. Die Art des Mikroskopsensors kann je nach Mikroskop verschieden sein; beispielsweise kann ein Mikroskopsensor einen Lichtsensor, eine Kamera, einen auslenkbaren Fühler oder Cantilever, eine Messeinrichtung für elektromagnetische Strahlung eines bestimmten Spektralbereichs wie beispielsweise Röntgenstrahlung oder einen Magnetsensor wie beispielsweise einen SQUID oder Hall-Sensor, umfassen. Das gattungsgemäße Mikroskopsystem umfasst außerdem einen Anwendercomputer, welcher vom Mikroskop entfernt angeordnet sein kann oder alternativ integriert im Mikroskop (embedded) sein kann. Der Anwendercomputer ist mit dem Mikroskop beziehungsweise den übrigen Mikroskopkomponenten kommunikativ verbunden zum Empfangen von Daten, die über die Datenausgabe-Schnittstelle des Mikroskopsensors ausgegeben werden. Zudem ist der Anwendercomputer eingerichtet zum Berechnen und Anzeigen von Probenbildern auf Basis der empfangenen Daten. Der Anwendercomputer kann auch eine Steuerbefehls-eingabevorrichtung bereitstellen, über welche ein Benutzer einen Befehl zum Steuern des Mikroskops eingeben kann, beispielsweise über eine Tastatur, einen Joystick, eine Computermaus oder einen berührungsempfindlichen Bildschirm.

**[0004]** In entsprechender Weise ist bei einem gattungsgemäßen Verfahren zum Betreiben eines Mikroskopsystems vorgesehen, dass mit mindestens einem Mikroskopsensor eines Mikroskops eine Probe untersucht wird. Dabei nimmt eine Messeinrichtung eines jeweiligen Mikroskopsensors Probensi-

gnale auf. Ein Analog-Digital-Wandler eines jeweiligen Mikroskopsensors wandelt aufgenommene Probensignale in Digitaldaten um. Eine Datenausgabe-Schnittstelle eines jeweiligen Mikroskopsensors gibt Daten an einen Anwendercomputer aus. Auf Basis von empfangenen Daten berechnet der Anwendercomputer nun Probenbilder und zeigt diese an.

**[0005]** Für eine möglichst präzise Probenuntersuchung erzeugen der oder die Mikroskopsensoren große Datenmengen, welche an den Anwendercomputer übertragen werden. Datenraten können im Bereich mehrerer Gigabit pro Sekunde liegen, wobei die erzeugten Datenmengen weiter steigen und auch beispielsweise 20-30 GBit/sek von einem Mikroskopsensor erzeugt werden könnten. Der Anwendercomputer muss empfangene Daten äußerst schnell verarbeiten, um beispielsweise ein Echtzeitbild der Probe darzustellen. Die Anforderungen an den Anwendercomputer sind dadurch sehr hoch, womit die technische Umsetzung und die verbundenen Kosten problematisch sind.

**[0006]** Als eine Aufgabe der Erfindung kann daher angesehen werden, ein Mikroskopsystem und ein Verfahren zum Betreiben eines Mikroskopsystems anzugeben, welche eine möglichst präzise Probenuntersuchung ermöglichen und dabei anfallende Datenmengen in möglichst einfacher und effizienter Weise handhaben.

**[0007]** Diese Aufgabe wird durch das Mikroskopsystem mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und durch das Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 12 gelöst.

**[0008]** Vorteilhafte Varianten des erfindungsgemäßen Mikroskopsystems und des erfindungsgemäßen Verfahrens sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche und werden außerdem in der folgenden Beschreibung erläutert.

**[0009]** Bei dem Mikroskopsystem der oben genannten Art umfasst erfindungsgemäß jeder Mikroskopsensor jeweils eine Datenkompressionseinrichtung, welche dazu eingerichtet ist, einen komprimierten Datenstrom durch (insbesondere verlustbehaftetes) Komprimieren der Digitaldaten des Analog-Digital-Wandlers zu erzeugen. Komprimieren kann einerseits eine Reduktion der Datenrate bei im Wesentlichen gleichem Informationsgehalt bezeichnen, beispielsweise bei einem Videokomprimieralgorithmus oder bei JPEG-Komprimierung. Unter Komprimieren kann aber auch verstanden werden, einen Teil der aufgenommenen Daten nicht für den komprimierten Datenstrom zu nutzen, beispielsweise indem von aufgenommenen Farbbildern nur ein einziger Farbkanal, also ein Schwarz-Weiß-Bild, für den komprimierten Datenstrom genutzt wird. Jeder Mikroskopsensor ist außerdem dazu eingerichtet, über seine Da-

tenausgabe-Schnittstelle den jeweiligen komprimierten Datenstrom sowie einen Rohdatenstrom auszugeben, welcher Digitaldaten umfasst, die nicht von der Datenkompressionseinrichtung komprimiert wurden oder zumindest weniger stark als der komprimierte Datenstrom komprimiert wurden. Der Mikroskop-sensor erzeugt also aus denselben aufgenommenen Probandaten „on the fly“, das heißt gleichzeitig und direkt nach der Datenaufnahme, zwei voneinander verschiedene Datenströme mit unterschiedlicher Datenrate. Beide Datenströme werden gleichzeitig ausgegeben, oder durch beispielsweise ein Zeitmultiplexen abwechselnd. Der Anwendercomputer und das Mikroskop sind so verbunden, dass der komprimierte Datenstrom an den Anwendercomputer gesendet wird, wobei der Rohdatenstrom an einen Datenspeicher gesendet wird, der mit dem Mikroskop verbunden ist. Insbesondere wird somit an den Anwendercomputer nur der komprimierte Datenstrom und nicht der Rohdatenstrom gesendet. Der Anwendercomputer ist nun dazu eingerichtet, als Probenbilder Echtzeitbilder aus dem komprimierten Datenstrom zu berechnen und darzustellen. Für eine nachträgliche Datenanalyse ist der Anwendercomputer dazu in der Lage, den Rohdatenstrom vom Datenspeicher, oder einen hieraus abgeleiteten Rohdatenstrom vom Datenspeicher, zu lesen und zu verarbeiten.

**[0010]** In entsprechender Weise ist bei dem oben genannten gattungsgemäßen Verfahren erfindungsgemäß vorgesehen,

- dass eine Datenkompressionseinrichtung eines jeweiligen Mikroskopsensors einen komprimierten Datenstrom durch Komprimieren der Digitaldaten des Analog-Digital-Wandlers erzeugt,
- dass über die Datenausgabe-Schnittstelle der jeweilige komprimierte Datenstrom sowie ein Rohdatenstrom ausgegeben wird, welcher Digitaldaten umfasst, die nicht komprimiert wurden oder zumindest weniger stark als der komprimierte Datenstrom komprimiert wurden,
- dass der komprimierte Datenstrom an den Anwendercomputer gesendet wird,
- dass der Rohdatenstrom an einen Datenspeicher gesendet wird,
- dass der Anwendercomputer Echtzeitbilder aus dem komprimierten Datenstrom berechnet und darstellt und für eine nachträgliche Datenanalyse den Rohdatenstrom vom Datenspeicher, oder einen hieraus abgeleiteten Rohdatenstrom vom Datenspeicher, liest und verarbeitet.

**[0011]** Bei bekannten Mikroskopsystemen empfängt der Anwendercomputer den Rohdatenstrom und muss einerseits hieraus Echtzeitbilder erstellen, andererseits muss der Anwendercomputer auch den Rohdatenstrom speichern. Während bereits das Berechnen und Darstellen von Echtzeitbildern aus dem

Rohdatenstrom enorme Anforderungen an den Anwendercomputer stellt, ist ein gleichzeitiges Schreiben oder Weiterleiten des Rohdatenstroms in oder zu einem Datenspeicher eine weitere relevante Belastung des Anwendercomputers. Diese Nachteile des Stands der Technik werden durch die Erfindung vermieden oder abgeschwächt: So muss der Anwendercomputer zum Erstellen von Echtzeitbildern nicht die großen Datenmengen des Rohdatenstroms verarbeiten; vielmehr erhält der Anwendercomputer hierzu einen demgegenüber reduzierten Datenstrom, nämlich den vorgenannten komprimierten Datenstrom. Dadurch sinken die Anforderungen an den Anwendercomputer erheblich. Außerdem wird bei der Erfindung der Anwendercomputer vorzugsweise nicht mehr gleichzeitig mit verschiedenen Aufgaben belastet, weil der Anwendercomputer nicht für das Speichern des Rohdatenstroms genutzt wird und vorzugsweise auch die Datenweitergabe vom Mikroskopsensor zum Datenspeicher nicht über den Anwendercomputer läuft. So würde in Anbetracht der hohen Datenrate des Rohdatenstroms bereits ein Weiterleiten von Daten eine signifikante Belastung des Anwendercomputers darstellen. Ein Qualitätsverlust für die Probenuntersuchung liegt gleichwohl nicht vor, weil für eine nicht mehr in Echtzeit stattfindende Verarbeitung und Darstellung der aufgenommenen Probandaten die präziseren Rohdaten (und nicht die komprimierten Daten) genutzt werden.

**[0012]** Demgemäß ist der Datenspeicher mit dem mindestens einen Mikroskopsensor vorzugsweise verbunden, ohne dass der Anwendercomputer hierzwischen geschaltet ist. Der Anwendercomputer ist also so angeordnet, dass er nicht für das Speichern oder Weiterleiten des Rohdatenstroms zum Datenspeicher zuständig ist. Der Datenspeicher kann beispielsweise eine oder mehrere HDD- oder SSD-Festplatten oder vergleichbare Datenspeicher und eine zugehörige Recheneinrichtung zum Empfangen, Schreiben und Weitergeben von Daten umfassen.

**[0013]** Relevant für die erfindungsgemäße Entlastung des Anwendercomputers ist, dass der Mikroskopsensor zwei Datenströme aus den aufgenommenen Probandaten erzeugt. Hierfür kann der Mikroskopsensor speziell ausgelegte Elektronikschaltungen umfassen, welche verhältnismäßig kostengünstig sind im Vergleich zu einem Hochleistungsanwendercomputer, welcher ohne speziell auf den jeweiligen Mikroskopsensor zugeschnittene Hardware-Komponenten den Rohdatenstrom verarbeiten müsste.

**[0014]** Der Analog-Digital-Wandler eines Mikroskopsensors und dessen Datenkompressionseinrichtung können für eine effiziente Datenleitung im selben Gehäuse, insbesondere auf derselben Platine oder auf zwei benachbarten, verbundenen Platinen angeordnet sein. Grundsätzlich können der Analog-Digital-

Wandler und die Datenkompressionseinrichtung aber auch räumlich weiter getrennt sein und die Datenkompressionseinrichtung kann sich räumlich am Anwendercomputer befinden. In dem Fall ist aber gleichwohl vorgesehen, dass Komponenten des Anwendercomputers, welche zur Verarbeitung des komprimierten Datenstroms und zur Darstellung der Echtzeitbilder aus dem komprimierten Datenstrom verwendet werden, nicht auch für das Speichern des Rohdatenstroms oder das Empfangen und Weiterleiten des Rohdatenstroms von der Datenausgabe-Schnittstelle des Mikroskopsensors verwendet werden.

**[0015]** Ein Mikroskopsensor kann, wie im einleitenden Beschreibungsteil dargelegt, je nach Art des Mikroskops verschieden sein. In jedem Fall umfasst er eine Messeinrichtung, welche beispielsweise lichtempfindlich oder sensitiv für andere elektromagnetische Strahlung oder Felder sein kann. Das oben genannte aufgenommene Probensignal kann somit zum Beispiel ein Probenbild oder eine frequenzabhängige Intensität sein. Das von der Messeinrichtung erzeugte Signal liegt zunächst analog vor und wird sodann von einem Analog-Digital-Wandler in ein digitales Signal umgewandelt. Je nach Art der Messeinrichtung kann ein einziges Bauteil sowohl die Messeinrichtung als auch den Analog-Digital-Wandler bilden, wie dies etwa bei CMOS-Sensoren möglich ist. Allgemein soll unter einem Analog-Digital-Wandler eine Komponente verstanden werden, welche aus einem Analogsignal (bei dem eine Signalhöhe einen Messwert angibt) ein Digitalsignal erzeugt (bei welchem der Messwert durch eine Folge von hohen und niedrigen Signalpegeln kodiert ist). Die vom Analog-Digital-Wandler ausgegebenen Daten werden hier als Rohdatenstrom bezeichnet. Allgemein können weitere hier nicht genannte Datenverarbeitungsschritte vorgesehen sein. Beispielsweise kann der Rohdatenstrom verändert werden, bevor er zur Datenkompressionseinrichtung geleitet wird oder bevor er an der Datenausgabe-Schnittstelle ausgegeben wird. Ebenso ist eine Verarbeitung der Rohdaten am Datenspeicher möglich, bevor ein solcher verarbeiteter Rohdatenstrom vom Datenspeicher an den Anwendercomputer geleitet wird. Relevant ist allein, dass eine Datenrate des Rohdatenstroms oder eines verarbeiteten Rohdatenstroms größer ist als eine Datenrate des komprimierten Datenstroms. Wird im Folgenden auf den Rohdatenstrom Bezug genommen, kann hierunter auch ein verarbeiteter Rohdatenstrom verstanden werden, dessen Datenrate höher ist als die des komprimierten Datenstroms.

**[0016]** Die Datenkompressionseinrichtung eines Mikroskopsensors ist durch elektronische Bauteile und gegebenenfalls Software gebildet, womit der eingehende Rohdatenstrom verarbeitet und in der Datenrate reduziert wird. Die Datenkompressionseinrichtung arbeitet in Echtzeit. Unter Echtzeit kann eine

Verzögerung von höchstens 20 Sekunden, vorzugsweise höchstens 5 Sekunden verstanden werden. Die Verzögerung kann festgelegt sein ab dem Zeitpunkt der Datenaufnahme durch die Messeinrichtung bis zur Datenausgabe, das heißt insbesondere die Datenausgabe der Datenkompressionseinrichtung oder die Datenausgabe des Anwendercomputers zum Anzeigen eines Echtzeitbilds. Unter einem Echtzeitbild können ein oder mehrere zwei-dimensionale Probenbilder, ein drei-dimensionales Probenbild, ein Diagramm, welches beispielsweise eine gemessene Lichtintensität in Abhängigkeit einer Lichtwellenlänge zeigt, oder korrelative Daten verstanden werden, also zeitliche Ereignisse, die fakultativ erst später zu Bilddaten verrechnet werden.

**[0017]** Die Datenausgabe-Schnittstelle von jedem Mikroskopsensor kann ein Anschluss für ein oder mehrere Kabel sein, worüber die beiden Datenströme ausgegeben werden. Prinzipiell sind als Datenausgabe-Schnittstelle auch Funkübertragungen der beiden Datenströme denkbar. Es kann bevorzugt sein, dass jeder Mikroskopsensor über separate Kabelanschlüsse zum Ausgeben des komprimierten Datenstroms und des Rohdatenstroms umfasst, womit also zwei Kabelanschlüsse vorhanden sind. Alternativ kann auch ein Mikroskopsensor über einen gemeinsamen Kabelanschluss zum Ausgeben des komprimierten Datenstroms und des Rohdatenstroms verfügen, wobei zwischen den Mikroskopsensoren und dem Anwendercomputer mindestens ein Datenteiler vorgesehen ist. Der Datenteiler kann auch als „routing interface“ bezeichnet werden und sendet den komprimierten Datenstrom allein zum Anwendercomputer, während er den Rohdatenstrom allein zum Datenspeicher weitergibt.

**[0018]** Als Anwendercomputer soll ein Computer verstanden werden, über den ein Benutzer aufgenommene Probandaten ansehen und auswerten kann. Gegebenenfalls ist über den Anwendercomputer auch eine Steuerung des Mikroskops möglich. Oftmals ist es notwendig, während einer Analyse in den Messprozess einzugreifen und bestimmte Mikroskopparameter für ein gewünschtes Resultat anzupassen; hierfür ist ein Live-Datenstrom, das heißt der komprimierte Datenstrom, äußerst hilfreich. Der Anwendercomputer umfasst in der Regel eine oder mehrere Prozessoren (CPUs), einen nicht flüchtigen Datenspeicher, einen Arbeitsspeicher und einen zugehörigen Bildschirm.

**[0019]** Sind mehrere Mikroskopsensoren vorhanden, können diese gleich oder verschieden gebildet sein. Die Mikroskopsensoren können sich insbesondere in ihrer jeweiligen Messeinrichtung unterscheiden. Beispielsweise kann eine Messeinrichtung eine Kamera für ein Lichtmikroskop umfassen, während eine andere Messeinrichtung ein Spektrometer umfassen kann. Insbesondere bei Mikroskopen, die ei-

ne Kombination aus einem Lichtmikroskop und einem Elektronenmikroskop darstellen, unterscheiden sich die Messeinrichtungen und damit einhergehend auch die Art der aufgenommenen Probandaten. Für eine effiziente Datenreduzierung ist aber gerade die Art der Probandaten relevant. So können beispielsweise 2D-Bilder in anderer Weise effizient komprimiert werden als Spektraldaten. Daher sind bevorzugt die Datenkompressionseinrichtungen der Mikroskopsensoren abhängig von der Art der jeweiligen Messeinrichtung verschieden gestaltet.

**[0020]** So kann die Messeinrichtung von einem der Mikroskopsensoren zur Bildaufnahme eingerichtet sein und die Datenkompressionseinrichtung dieses Mikroskopsensors kann zum Komprimieren von Bild-daten eingerichtet sein. Die Messeinrichtung von einem anderen der Mikroskopsensoren kann zur Spektraldatenaufnahme eingerichtet sein und die Datenkompressionseinrichtung dieses Mikroskopsensors kann zum Komprimieren von Spektraldaten eingerichtet sein. Hierbei unterscheiden sich die Hardware-Bauteile und/oder die Kompressionsalgorithmen, die zum Komprimieren von Bilddaten und zum Komprimieren von Spektraldaten eingesetzt werden.

**[0021]** Indem spezielle Hardware zum Komprimieren genutzt wird, und nicht etwa eine allgemeine CPU wie herkömmlicherweise bei einem Anwendercomputer, können die für die Echtzeitdarstellung erforderlichen Daten weitaus schneller und effizienter gewonnen werden. Insbesondere können die Datenkompressionseinrichtungen der Mikroskopsensoren zum Komprimieren der Digitaldaten programmierte programmierbare logische Schaltungen, insbesondere FPGAs (field programmable gate arrays) oder ASICs (application-specific integrated circuit), umfassen. Je nach Art der Messeinrichtung eines Mikroskopsensors können demnach verschiedene Mikroskopsensoren auch unterschiedlich programmierte FPGAs oder ASICs umfassen.

**[0022]** Bei einem Beispiel zur Datenkompression ist zumindest eine Datenkompressionseinrichtung der Mikroskopsensoren dazu eingerichtet, von aufgenommenen Probenbildern nur einen Anteil an Probenbildern für den komprimierten Datenstrom zu nutzen. Beispielsweise wird nur jedes n-te Bild verwendet, wobei n eine ganze Zahl größer 1 ist; also wird zum Beispiel nur jedes 10. Bild für den komprimierten Datenstrom verwendet. Diese Vorgehensweise ist äußerst effizient, da ein Hauptziel nicht in der möglichst perfekten Komprimierung von Daten liegt, sondern darin, für eine Echtzeitverarbeitung bei moderaten Gerätekosten eine ausreichende Bildqualität bereitzustellen. Alternativ oder zusätzlich kann zumindest eine Datenkompressionseinrichtung der Mikroskopsensoren eingerichtet sein zum Reduzieren einer Bittiefe von aufgenommenen Probensignalen, die vom AD-Wandler digitalisiert wurden, um den kom-

primierten Datenstrom zu erzeugen. Beispielsweise kann der AD-Wandler dazu gestaltet sein, ein aufgenommenes Probensignal, beispielsweise eine Lichtintensität, als Digitalsignal mit einer Bittiefe von 32 Bit (allgemein n Bit) auszugeben. Die Datenkompressionseinrichtung reduziert bei diesem Beispiel die Bittiefe des Digitalsignals, etwa von 32 Bit auf 12 Bit. Unterscheiden sich die Messeinrichtungen verschiedener Mikroskopsensoren, so kann auch eine Datenkompressionseinrichtung, wie oben beschrieben, zur Reduzierung der Bittiefe eingerichtet sein, während eine andere der Datenkompressionseinrichtungen zum Verwenden von nur jedem n-ten Bild eingerichtet ist.

**[0023]** Während allgemein eine beliebige Art der Datenkomprimierung durchgeführt werden kann, kann es kostengünstiger und schneller sein, wenn die Datenkompressionseinrichtung dazu eingerichtet ist, den komprimierten Datenstrom durch verlustbehaftetes Komprimieren der Digitaldaten des Analog-Digital-Wandlers zu erzeugen. Insbesondere kann hingegen der an der Datenausgabe-Schnittstelle ausgegebene Rohdatenstrom nicht verlustbehaftet komprimiert sein, oder jedenfalls nur in einer Weise, dass dessen Datenrate nach wie vor größer ist als die des komprimierten Datenstroms.

**[0024]** Der Anwendercomputer kann eine Dateneingabevorrichtung umfassen, über welche einem Benutzer ein Auswählen aus den Echtzeitbildern ermöglicht wird. Der Anwendercomputer ist weiterhin dazu eingerichtet, gemäß einer Auswahl eines Benutzers einen der Auswahl entsprechenden Anteil des Rohdatenstroms vom Datenspeicher zu laden, zu verarbeiten und auszugeben. So kann ein Benutzer interessierende Daten auswählen und zu den entsprechenden Probensignalen werden die zugehörigen Rohdaten von Anwendercomputer geladen. Die Auswahl kann beispielsweise eine zeitliche Auswahl sein, also aufgenommene Probandaten zwischen einem Start- und Endzeitpunkt. Alternativ oder zusätzlich kann die Auswahl auch einen Bildausschnitt aus einem aufgenommenen Echtzeitbild darstellen. Es kann vorgesehen sein, dass der Anwendercomputer die Verarbeitung und Darstellung des komprimierten Datenstroms stoppt, wenn ein Benutzer eine oben genannte Auswahl durchgeführt hat, um die gesamte verfügbare Rechenleistung dem Laden, Verarbeiten und Ausgeben des entsprechenden Anteils des Rohdatenstroms zu widmen.

**[0025]** In ähnlicher Weise kann vorgesehen sein, dass der Rohdatenstrom oder ein Teil von diesem vom Datenspeicher zum Anwendercomputer erst dann übertragen wird, wenn die Aufnahme von Probensignalen durch die mindestens eine Messeinrichtung abgeschlossen ist und kein komprimierter Datenstrom mehr von dem mindestens einen Mikroskopsensor an den Anwendercomputer geleitet wird.

Hierdurch wird sichergestellt, dass es zu keiner Doppelbeanspruchung und Überlastung des Anwendercomputers kommt.

**[0026]** Der Anwendercomputer kann auch dazu eingerichtet sein, den empfangenen komprimierten Datenstrom zur Verarbeitung und Darstellung in einem flüchtigen Datenspeicher (beispielsweise RAM oder CPU-interner Speicher) zu speichern und den empfangenen komprimierten Datenstrom nicht oder nur vorübergehend in einem nicht flüchtigen Datenspeicher (beispielsweise HDD- oder SSD-Speicher) zu speichern. Da der komprimierte Datenstrom nur dazu dient, ein Echtzeitbild darzustellen und gegebenenfalls einem Benutzer Auswahlmöglichkeiten bereitzustellen, ist eine dauerhafte Datenspeicherung nicht erforderlich. Vorzugsweise löscht daher der Anwendercomputer selbsttätig und fortlaufend einen vergangenen Anteil des komprimierten Datenstroms, beispielsweise wenn der vorübergehend gespeicherte komprimierte Datenstrom eine bestimmte Datengröße oder ein bestimmtes Alter erreicht.

**[0027]** Insbesondere wenn ein Benutzer eine Auswahl aus den Echtzeitbildern am Anwendercomputer getroffen hat, ist es erforderlich, die entsprechenden Daten aus dem Rohdatenstrom zu identifizieren. Daher kann vorgesehen sein, dass zur Zuordnung, welche Informationen im komprimierten Datenstrom welchen Informationen im Rohdatenstrom entsprechen, die Mikroskopsensoren dazu eingerichtet sind, Marker im komprimierten Datenstrom und im Rohdatenstrom zu speichern. Bei den Markern kann es sich um eine Identifikation (ID) handeln, welche in aufgenommenen Probensignalen enthalten ist oder diesen zugefügt wird und sowohl im Rohdatenstrom als auch im komprimierten Datenstrom enthalten bleibt. Beispielsweise können die Marker durch einen Zählerstand gebildet sein, mit welchem aufgenommene Probensignale oder Probenbilder ab einem Startpunkt durchnummeriert werden. Alternativ können die Marker auch Zeitstempel sein, mit welchen die Probensignale beziehungsweise die beiden Datenströme versehen werden. Der Anwendercomputer ist nun dazu eingerichtet, gemäß der Auswahl des Benutzers den der Auswahl entsprechenden Anteil des Rohdatenstroms mit Hilfe der Marker zu ermitteln. Allein diese Auswahl wird nun vom Anwendercomputer verarbeitet und dargestellt.

**[0028]** Die beschriebenen fakultativen Merkmale eines erfindungsgemäßen Mikroskopsystems sind auch als Varianten des erfindungsgemäßen Verfahrens aufzufassen, und umgekehrt.

**[0029]** Weitere Vorteile und Merkmale der Erfindung werden nachstehend mit Bezug auf die beigefügte schematische Figur beschrieben. Hierbei zeigt:

**Fig. 1** eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Mikroskopsystems.

**[0030]** **Fig. 1** zeigt schematisch ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Mikroskopsystems **100**. Das Mikroskopsystem **100** umfasst ein Mikroskop **10**, bei dem es sich beispielsweise um ein Lichtmikroskop, etwa ein Laser-Scanning-Mikroskop, oder auch um ein prinzipiell beliebiges anderes Mikroskop handeln kann. Weiterhin umfasst das Mikroskopsystem **100** einen vom Mikroskop **10** entfernten Anwendercomputer **50**. Dieser erhält aufgenommene Proben Daten vom Mikroskop **10** und stellt sie auf einem Bildschirm dar. Zudem kann der Anwendercomputer dazu eingerichtet sein, das Mikroskop **10** zu steuern, beispielsweise eine Probenuntersuchung oder Datenaufnahme zu starten und zu beenden oder Mikroskopparameter zu verstellen, insbesondere eine Beleuchtung oder eine Probenposition.

**[0031]** Das Mikroskop **10** umfasst einen oder mehrere Mikroskopsensoren **20**, **30**. Während zwei Mikroskopsensoren **20**, **30** in **Fig. 1** dargestellt sind, kann auch eine beliebige andere Anzahl verwendet werden. Jeder Mikroskopsensor **20**, **30** umfasst eine Messeinrichtung **22**, **32** zum Aufnehmen von Probensignalen, beispielsweise eine Kamera, ein Interferometer oder Spektrometer und/oder einen Lichtdetektor. Jeder Mikroskopsensor **20**, **30** umfasst außerdem einen Analog-Digital-Wandler **24**, **34**, welcher aufgenommene analoge Probensignale der zugehörigen Messeinrichtung in Digitaldaten umwandelt. Über eine Datenausgabe-Schnittstelle **29**, **39** gibt jeder Mikroskopsensor **20**, **30** Daten aus.

**[0032]** Während herkömmlicherweise ein Mikroskopsensor nur einen einzigen Datenstrom aus aufgenommenen Probensignalen erzeugt und ausgibt, erzeugt erfindungsgemäß jeder Mikroskopsensor **20**, **30** aus seinen aufgenommenen Probensignalen, das heißt aus ein und denselben Daten, zwei verschiedene Datenströme und gibt beide Datenströme aus. Die beiden Datenströme unterscheiden sich in ihrer Datenrate. Der Datenstrom kleinerer Datenrate wird als komprimierter Datenstrom **27**, **37** bezeichnet und wird aus den Digitaldaten des A/D-Wandlers **24**, **34** mit Hilfe einer Datenkompressionseinrichtung **26**, **36** erzeugt. Der größere der beiden Datenströme wird als Rohdatenstrom **28**, **38** bezeichnet. Prinzipiell muss der Rohdatenstrom nicht identisch zu den ausgegebenen Daten des A/D-Wandlers **24**, **34** sein, sondern kann ebenfalls verarbeitet werden; hierbei ist aber relevant, dass die Datenrate größer ist als beim jeweiligen komprimierten Datenstrom **27**, **38**.

**[0033]** Über eine Datenausgabe-Schnittstelle **29**, **39** gibt jeder Mikroskopsensor **20**, **30** nun den jeweiligen Rohdatenstrom **28**, **38** sowie den jeweiligen komprimierten Datenstrom **27**, **37** aus.

**[0034]** Der komprimierte Datenstrom **27, 37** wird zum Anwendercomputer **50** geleitet, von diesem verarbeitet und auf einem Bildschirm dargestellt. Der Rohdatenstrom **28, 38** wird hingegen nicht zum Anwendercomputer **50** geleitet, sondern zu einem Datenspeicher **70**, wo der Rohdatenstrom **28, 38** oder ein vom Datenspeicher **70** daraus erzeugter verarbeiteter Rohdatenstrom **28, 38** gespeichert wird. Vorteilhafterweise kann der Anwendercomputer **50** ein Probenbild besonders schnell darstellen, weil er nur die geringere Datenmenge des komprimierten Datenstroms **27, 37** verarbeiten muss. Zudem ist der Anwendercomputer **50** nicht mit dem Speichern oder Weiterleiten des Rohdatenstroms **28, 38** befasst. Dadurch kann der Anwendercomputer **50** Probenbilder als Echtzeitbilder darstellen. Die Echtzeitbilder haben eine schlechtere Bildqualität oder eine niedrigere Zeitauflösung als Probenbilder, die aus dem Rohdatenstrom **28, 38** gewonnen werden können. Das Echtzeitbild kann als ein Vorschaubild dienen, mit dem ein Benutzer einen Messvorgang überwachen kann oder mit dem ein Benutzer interessierende Daten auswählen kann. Wenn der Anwendercomputer **50** nicht mehr einen komprimierten Datenstrom **27, 37** empfängt und verarbeitet, kann er vom Datenspeicher **70** den Rohdatenstrom **28, 38** laden und für eine nachträgliche Datenanalyse (das heißt nicht mehr in Echtzeit oder später als die Darstellung der entsprechenden Echtzeitbilder) verarbeiten und ausgeben oder darstellen.

**[0035]** Dadurch kann der Anwendercomputer **50** auch mit verhältnismäßig kostengünstigem Aufbau Echtzeitbilder anzeigen, unabhängig davon, wie groß ein Rohdatenstrom **28, 38** eines Mikroskopsensors **20, 30** ist. Die Datenkompressionseinrichtungen **26, 36** können durch spezielle Hardware für die Datenkompression gebildet sein, beispielsweise entsprechend programmierten FPGAs oder ASICs, so dass auch unter Berücksichtigung dieser Kosten der apparative Aufwand geringer und kosteneffizienter ist, als wenn ein Anwendercomputer den Rohdatenstrom direkt empfangen und zur Darstellung von Echtzeitbildern nutzen müsste. Zudem entfällt bei der dargestellten Ausführungsform eine Doppelbelastung des Anwendercomputers, bei welcher der Anwendercomputer außer einer Echtzeitdarstellung auch ein Weiterleiten des Rohdatenstroms an einen Datenspeicher vornehmen würde.

**[0036]** Vorteilhafterweise kann daher durch die Erfindung ein Mikroskopsystem **100** bereitgestellt werden, welches eine Nutzung von äußerst hohen Probandatenraten erlaubt und gleichzeitig eine Echtzeitdarstellung der Probandaten bietet, ohne dass der apparative Aufwand übermäßig hoch wird.

## Bezugszeichenliste

<b>100</b>	Mikroskopsystem
<b>10</b>	Mikroskop
<b>20, 30</b>	Mikroskopsensor
<b>22, 32</b>	Messeinrichtung
<b>24, 34</b>	Analog-Digital-Wandler
<b>26, 36</b>	Datenkompressionseinrichtung
<b>27, 37</b>	komprimierter Datenstrom
<b>28, 38</b>	Rohdatenstrom
<b>29, 39</b>	Datenausgabe-Schnittstelle
<b>50</b>	Anwendercomputer
<b>70</b>	Datenspeicher

## Patentansprüche

1. Mikroskopsystem mit
  - einem Mikroskop (10), welches zum Untersuchen einer Probe mindestens einen Mikroskopsensor (20, 30) umfasst, wobei jeder Mikroskopsensor (20, 30) jeweils umfasst:
    - eine Messeinrichtung (22, 32) zum Aufnehmen von Probensignalen,
    - einen Analog-Digital-Wandler (24, 34) zum Umwandeln von aufgenommenen Probensignalen in Digitaldaten; und
    - eine Datenausgabe-Schnittstelle (29, 39),
    - einem Anwendercomputer (50),
    - welcher mit dem Mikroskop (10) kommunikativ verbunden ist zum Empfangen von Daten, die über die Datenausgabe-Schnittstelle (29, 39) des Mikroskopsensors (20, 30) ausgegeben werden, und
    - welcher eingerichtet ist zum Berechnen und Anzeigen von Probenbildern auf Basis der empfangenen Daten, **dadurch gekennzeichnet**,
    - dass jeder Mikroskopsensor (20, 30) jeweils eine Datenkompressionseinrichtung (26, 36) umfasst, welche dazu eingerichtet ist, einen komprimierten Datenstrom (27, 37) durch Komprimieren der Digitaldaten des Analog-Digital-Wandlers (24, 34) zu erzeugen,
    - dass jeder Mikroskopsensor (20, 30) dazu eingerichtet ist, über seine Datenausgabe-Schnittstelle (29, 39) den jeweiligen komprimierten Datenstrom (27, 37) sowie einen Rohdatenstrom (28, 38) auszugeben, welcher Digitaldaten umfasst, die nicht komprimiert wurden oder zumindest weniger stark als der komprimierte Datenstrom (27, 37) komprimiert wurden,
    - dass der Anwendercomputer (50) und das Mikroskop (10) so verbunden sind, dass der komprimierte Datenstrom (27, 37) an den Anwendercomputer (50) gesendet wird,
    - dass ein Datenspeicher (70) vorhanden und mit dem Mikroskop (10) so verbunden ist, dass der Rohdaten-

strom (28, 38) an den Datenspeicher (70) gesendet wird,

- dass der Anwendercomputer (50) dazu eingerichtet ist, Echtzeitbilder aus dem komprimierten Datenstrom (27, 37) zu berechnen und darzustellen und für eine nachträgliche Datenanalyse den Rohdatenstrom (28, 38) vom Datenspeicher (70), oder einen hieraus abgeleiteten Rohdatenstrom vom Datenspeicher (70), zu lesen und zu verarbeiten.

2. Mikroskopsystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Datenspeicher (70) mit dem mindestens einen Mikroskopsensor (20, 30) verbunden ist, ohne dass der Anwendercomputer (50) hierzwischen geschaltet ist, womit der Anwendercomputer (50) nicht für das Speichern oder Weiterleiten des Rohdatenstroms (28, 38) zum Datenspeicher (70) zuständig ist.

3. Mikroskopsystem nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Anwendercomputer (50) eine Dateneingabevorrichtung umfasst, über welche einem Benutzer ein Auswählen aus den Echtzeitbildern ermöglicht wird, dass der Anwendercomputer (50) dazu eingerichtet ist, gemäß einer Auswahl eines Benutzers einen der Auswahl entsprechenden Anteil des Rohdatenstroms (28, 38) vom Datenspeicher (70) zu laden, zu verarbeiten und auszugeben.

4. Mikroskopsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Anwendercomputer (50) dazu eingerichtet ist, - den empfangenen komprimierten Datenstrom (27, 37) zur Verarbeitung und Darstellung in einem flüchtigen Datenspeicher zu speichern und - den empfangenen komprimierten Datenstrom (27, 37) nicht oder nur vorübergehend in einem nicht flüchtigen Datenspeicher zu speichern.

5. Mikroskopsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Datenkompressionseinrichtung (26, 36) dazu eingerichtet ist, den komprimierten Datenstrom (27, 37) durch verlustbehaftetes Komprimieren der Digitaldaten des Analog-Digital-Wandlers zu erzeugen, und dass der an der Datenausgabe-Schnittstelle (29, 39) ausgegebene Rohdatenstrom nicht verlustbehaftet ist oder zumindest weniger stark verlustbehaftet ist als der komprimierte Datenstrom (27, 37).

6. Mikroskopsystem nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Zuordnung, welche Informationen im komprimierten Datenstrom (27, 37) welchen Informationen im Rohdatenstrom (28, 38) entsprechen, die Mikroskopsensoren (20, 30) dazu eingerichtet sind, Marker im komprimierten Datenstrom (27, 37) und im Rohdatenstrom (28, 38) zu speichern,

und dass der Anwendercomputer (50) dazu eingerichtet ist, gemäß der Auswahl des Benutzers einen der Auswahl entsprechenden Anteil des Rohdatenstroms (28, 38) mit Hilfe der Marker zu ermitteln.

7. Mikroskopsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Mikroskop (10) mehrere Mikroskopsensoren (20, 30) umfasst, welche sich in ihrer jeweiligen Messeinrichtung (22, 32) unterscheiden, und dass die Datenkompressionseinrichtungen (26, 36) der Mikroskopsensoren (20, 30) abhängig von einer Art der jeweiligen Messeinrichtung (22, 32) verschieden sind.

8. Mikroskopsystem nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Messeinrichtung (22) von einem der Mikroskopsensoren (20) zur Bildaufnahme eingerichtet ist und die Datenkompressionseinrichtung (26) dieses Mikroskopsensors (20) zum Komprimieren von Bildern eingerichtet ist, und dass die Messeinrichtung (32) von einem anderen der Mikroskopsensoren (30) zur Spektraldatenaufnahme eingerichtet ist und die Datenkompressionseinrichtung (36) dieses Mikroskopsensors (30) zum Komprimieren von Spektraldaten eingerichtet ist.

9. Mikroskopsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Datenkompressionseinrichtungen (26, 36) der Mikroskopsensoren (20, 30) zum Komprimieren der Digitaldaten programmierte programmierbare logische Schaltungen, insbesondere FPGAs oder ASICs, umfassen.

10. Mikroskopsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, - dass zumindest eine Datenkompressionseinrichtung (26, 36) der Mikroskopsensoren (20, 30) dazu eingerichtet ist, von aufgenommenen Probenbildern nur einen Anteil an Probenbildern für den komprimierten Datenstrom (27, 37) zu nutzen, und/oder - dass zumindest eine Datenkompressionseinrichtung (26, 36) der Mikroskopsensoren (20, 30) eingerichtet ist zum Reduzieren einer Bittiefe von aufgenommenen Probenignalen, um den komprimierten Datenstrom zu erzeugen.

11. Mikroskopsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass entweder jeder Mikroskopsensor (20, 30) über separate Kabelanschlüsse zum Ausgeben des komprimierten Datenstroms und des Rohdatenstroms umfasst, oder dass jeder Mikroskopsensor (20, 30) über einen gemeinsamen Kabelanschluss zum Ausgeben des komprimierten Datenstroms (27, 37) und des Rohdatenstroms (28, 38) umfasst, wobei zwischen den Mikroskopsensoren (20, 30) und dem Anwendercomputer (50) mindestens ein Datenteiler vorgesehen ist,



welcher den komprimierten Datenstrom (27, 37) allein zum Anwendercomputer (50) weitergibt und den Rohdatenstrom (28, 38) allein zum Datenspeicher (70) weitergibt.

12. Verfahren zum Betreiben eines Mikroskopsystems,

- bei dem mit mindestens einem Mikroskopsensor (20, 30) eines Mikroskops (10) eine Probe untersucht wird, wobei:

- eine Messeinrichtung (22, 32) eines jeweiligen Mikroskopsensors (20, 30) Probensignale aufnimmt,

- ein Analog-Digital-Wandler (24, 34) eines jeweiligen Mikroskopsensors (20, 30) aufgenommene Probensignale in Digitaldaten umwandelt; und

- eine Datenausgabe-Schnittstelle (29, 39) eines jeweiligen Mikroskopsensors (20, 30) Daten an einen Anwendercomputer (50) ausgibt,

- bei dem der Anwendercomputer (50) Probenbilder auf Basis von empfangenen Daten berechnet und anzeigt, **dadurch gekennzeichnet**,

- dass eine Datenkompressionseinrichtung (26, 36) eines jeweiligen Mikroskopsensors (20, 30) einen komprimierten Datenstrom (27, 37) durch Komprimieren der Digitaldaten des Analog-Digital-Wandlers (24, 34) erzeugt,

- dass über die Datenausgabe-Schnittstelle (29, 39) der jeweilige komprimierte Datenstrom (27, 37) an den Anwendercomputer (50) gesendet wird und über die Datenausgabe-Schnittstelle (29, 39) an einen Datenspeicher (70) ein jeweiliger Rohdatenstrom (28, 38) gesendet wird, welcher Digitaldaten umfasst, die nicht komprimiert wurden oder zumindest weniger stark als der komprimierte Datenstrom (27, 37) komprimiert wurden,

- dass der Anwendercomputer (50) Echtzeitbilder aus dem komprimierten Datenstrom (27, 37) berechnet und darstellt und für eine nachträgliche Datenanalyse den Rohdatenstrom (28, 38) vom Datenspeicher (70), oder einen hieraus abgeleiteten Rohdatenstrom vom Datenspeicher (70), liest und verarbeitet.

13. Verfahren nach einem Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Rohdatenstrom (29, 39) oder ein Teil von diesem vom Datenspeicher (70) zum Anwendercomputer (50) erst dann übertragen wird, wenn die Aufnahme von Probensignalen durch die mindestens eine Messeinrichtung (22, 32) abgeschlossen ist und kein komprimierter Datenstrom (28, 38) mehr von dem mindestens einen Mikroskopsensor (20, 30) an den Anwendercomputer (50) geleitet wird.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

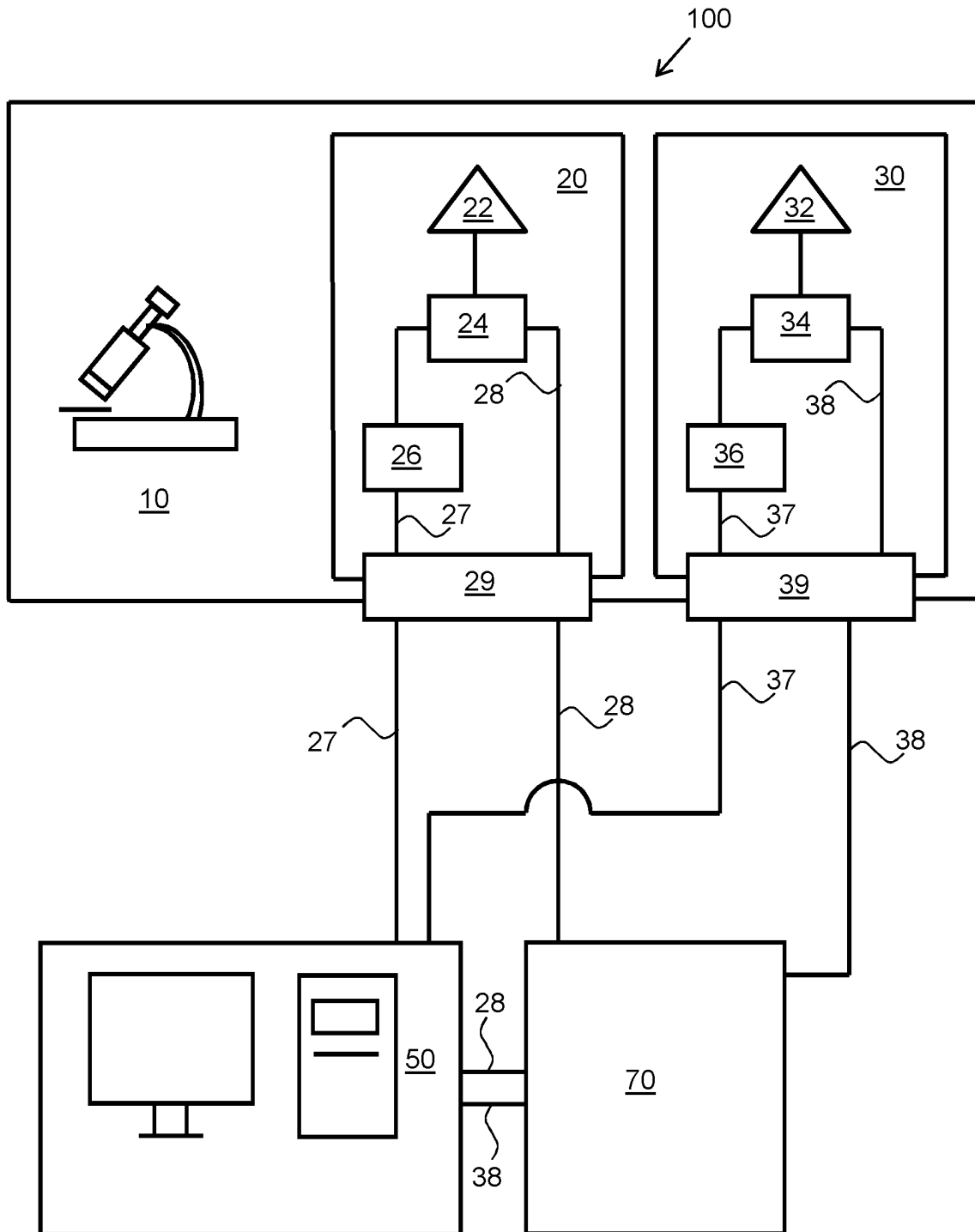


Fig. 1