



(10) **DE 10 2013 219 181 B4** 2018.05.09

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2013 219 181.2**
(22) Anmeldetag: **24.09.2013**
(43) Offenlegungstag: **26.03.2015**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **09.05.2018**

(51) Int Cl.: **G01N 15/14 (2006.01)**
G01N 21/21 (2006.01)
G01N 21/55 (2014.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
**Olympus Soft Imaging Solutions GmbH, 48149
Münster, DE**

(74) Vertreter:
**Seemann & Partner Patentanwälte mbB, 20095
Hamburg, DE**

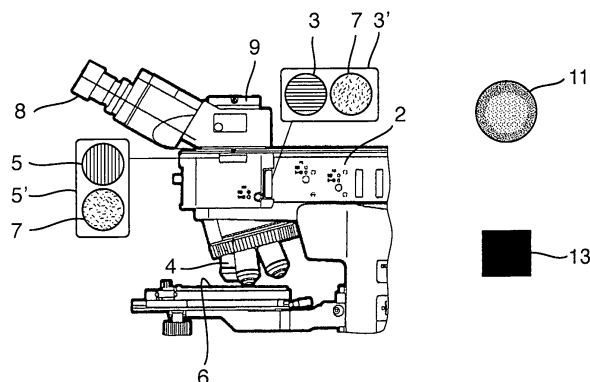
(72) Erfinder:
Wei, Yi, 48165 Münster, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	100 52 384	A1
DE	10 2009 014 080	A1
DE	20 2007 014 466	U1
US	6 867 919	B2
US	2010 / 0 141 950	A1
EP	1 617 253	A1
EP	1 914 572	A1
WO	94/ 14 049	A1

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung und Verfahren zur optischen Bestimmung von Partikeleigenschaften**

(57) Hauptanspruch: Vorrichtung zur optischen Bestimmung von Partikeleigenschaften, einschließlich Größe und Reflektivität, umfassend wenigstens eine Lichtquellenanordnung mit wenigstens einer Lichtquelle, eine Polarisatoranordnung (3, 3'), wenigstens eine von der wenigstens einen Lichtquelle beleuchtbare Probenhalterung (6) zur Aufnahme zu untersuchender Partikelpräparate (10), wenigstens eine Analysatoranordnung (5, 5') und wenigstens eine Bildaufnahmeeinrichtung (9) mit wenigstens einem farbauflösenden Matrix-Bildsensor, wobei die Vorrichtung ausgebildet ist, von einem Partikelpräparat (10) reflektiertes Licht mit einer farbkodierten Polarisation auf den wenigstens einen Matrix-Bildsensor zu leiten, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung ausgebildet ist, zur Farbkodierung der Polarisation einerseits linear polarisiertes Licht wenigstens eines ersten Wellenlängenbereichs in einer ersten Polarisationsrichtung und andererseits unpolarisiertes Licht oder polarisiertes Licht mit wenigstens einer Polarisationskomponente in einer von der ersten Polarisationsrichtung unterschiedlichen, insbesondere auf die erste Polarisationsrichtung senkrechten, zweiten Polarisationsrichtung in wenigstens einem zweiten Wellenlängenbereich zu erzeugen, wobei der oder die ersten Wellenlängenbereiche mit dem oder den zweiten Wellenlängenbereichen nicht oder nur teilweise überlappen.



Beschreibung

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung, ein Verfahren und ein System zur optischen Bestimmung von Partikeleigenschaften, einschließlich Größe und Reflektivität. Die Vorrichtung umfasst wenigstens eine Lichtquellenanordnung mit wenigstens einer Lichtquelle, eine Polarisatoranordnung, wenigstens eine von der wenigstens einen Lichtquellenanordnung beleuchtete Probenhalterung zur Aufnahme zu untersuchender Partikelpräparate, wenigstens eine Analysatoranordnung und wenigstens eine Bildaufnahmeeinrichtung mit wenigstens einem farbauflösenden Matrix-Bildsensor.

[0002] WO 94/14049 A1 betrifft eine Vorrichtung zur Analyse von Partikeln in einem fließenden Medium, das eine Messpassage mit zwei Fenstern durchfließt. Dort wird eine Aufnahme der Partikel im Fluid gemacht, die anschließend digital ausgewertet wird. Es werden automatisch Indexwerte bezüglich verschiedener Eigenschaften des Fluids und der Partikel erstellt. Ein Expertensystem klassifiziert die Informationen.

[0003] Die Erfindung gemäß DE 10 2009 014 080 A1 betrifft die Bestimmung von Partikelgrößen eines Partikelstroms und eine Vorrichtung dazu. Ein optisches Durchlicht-Messsystem ist eingerichtet, Projektionsflächen von Partikeln innerhalb des durchleuchteten Messvolumens zu bestimmen. Ein zweites optisches Messsystem ist zur Messung des Beugungsmusters der Partikel eingerichtet. Anhand der Projektionsflächen und der Beugungsmuster wird eine Größenverteilung der Partikel im Messvolumen bestimmt.

[0004] DE 20 2007 014 466 U1 offenbart eine Vorrichtung zur Klassifizierung transparenter Bestandteile in einem Materialstrom. Diese umfasst eine optische Detektoreinrichtung, deren optische Achse auf den Materialstrom gerichtet ist, wenigstens eine Beleuchtungseinrichtung zur Beleuchtung des Materialstroms aus einem über dem Materialstrom aufgespannten Halbraum, in dem auch die optische Detektoreinrichtung enthalten ist, und einen Klassifikator, der auf der Grundlage von Informationen aus der optischen Detektoreinrichtung sowie einem Entscheidungskriterium das Bestandteil klassifiziert. Zumindest längs der optischen Achse der Detektoreinrichtung in Detektorblickrichtung dem Materialstrom nachgeordnet ist ein Retroreflektor vorgesehen. Die Beleuchtungsvorrichtung umfasst Lichtquellen für Licht einer ersten und einer zweiten Art, wobei Licht einer ersten Art längs zur optischen Achse auf den Materialstrom trifft und die optische Detektoreinrichtung das Licht beider Lichtquellen selektiv detektiert.

[0005] In DE 100 52 384 A1 ist eine Vorrichtung zur Bestimmung von Partikeleigenschaften und/oder Partikelkonzentrationen in einem fluiden Medium offenbart. Die Partikel in dem Messvolumen werden in Durchlicht beleuchtet und mittels einer CCD-Kamera in einer Betrachtungsrichtung aufgenommen. Im Strahlengang der Lichtquelle und/oder der CCD-Kamera ist wenigstens ein optischer Filter angeordnet, der Licht bestimmter Wellenlängen selektiv passieren lässt oder ausblendet oder eine bestimmte Polarisierungsrichtung durchlässt.

[0006] Die automatische Vermessung von Partikeln mit Computersystemen, die mit einer Vergrößerungsvorrichtung verbunden sind, ist bekannt. Dabei werden Partikeleigenschaften wie Form, Durchmesser und andere geometrische Maße erfasst, indem ein Bild der Partikel aufgenommen wird und es mit einem Schwellendetektionsverfahren verarbeitet wird. Dies erfolgt üblicherweise mit sogenanntem gekreuztem polarisiertem Licht. Dies bedeutet, dass Licht zunächst durch einen Polarisator in einer Polarisationsrichtung linear polarisiert wird und nach der Reflexion von den zu untersuchenden Partikeln durch einen Analysator geführt wird, der einen linearen Polarisationsfilter aufweist, dessen Polarisationsrichtung bzw. Polarisationssebene unter einem 90°-Winkel zu der Polarisationssebene bzw. Polarisationsrichtung des Polarisators steht. Hiermit ergibt sich die beste Separation von Partikeln gegenüber einem hellen Hintergrund.

[0007] Andere Partikeleigenschaften, wie die Reflektivität bzw. Reflexionsintensität, und somit die Art der Partikel (metallisch oder nicht metallisch), werden erfasst, indem ein zweites Bild aufgenommen wird mit parallel polarisiertem Licht, also unter Aufnahmebedingungen, bei denen Polarisator und Analysator bezüglich ihrer Polarisationssebenen parallel gestellt sind. Alternativ wird bei Beibehaltung des Effekts das zweite Bild auch ohne Polarisator mit unpolarisiertem Licht und/oder ohne Analysator aufgenommen.

[0008] Die komplette Klassifikation der Partikel nach Größe und Art erfordert somit zwei verschiedene Bilder, die unter zwei verschiedenen Beleuchtungsbedingungen aufgenommen werden.

[0009] In dem bekannten Verfahren wird das erste Bild typischerweise aufgenommen, während die Polarisationsrichtungen des Polarisators und des Analysators senkrecht zueinander sind, wohingegen das zweite Bild

aufgenommen wird, während beide parallel gestellt sind. Die chronologische Reihenfolge der beiden Bilder ist nicht wichtig. Die Form und somit die geometrischen Maße der Partikel wird aus dem Bild erhalten, das mit gekreuztem Polarisator und Analysator aufgenommen worden war und die Analyse des zweiten Bildes mit parallelem Polarisator und Analysator ergibt, ob Partikel reflektierend sind oder nicht, durch die Helligkeit, die sich am Ort der Partikel in dieser Konfiguration ergibt.

[0010] Demgegenüber liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, die Charakterisierung von Partikeln zu beschleunigen und zu vereinfachen.

[0011] Diese der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe wird gelöst durch eine Vorrichtung zur optischen Bestimmung von Partikeleigenschaften, einschließlich Größe und Reflektivität, umfassend wenigstens eine Lichtquellenanordnung mit wenigstens einer Lichtquelle, eine Polarisatoranordnung, wenigstens eine von der wenigstens einen Lichtquellenanordnung beleuchtbare Probenhalterung zur Aufnahme zu untersuchender Partikelpräparate, wenigstens eine Analysatoranordnung und wenigstens eine Bildaufnahmeeinrichtung mit wenigstens einem farbauflösenden Matrix-Bildsensor, wobei die Vorrichtung ausgebildet ist, von einem Partikelpräparat reflektiertes Licht mit einer farbkodierten Polarisation auf den wenigstens einen Matrix-Bildsensor zu leiten, die dadurch weitergebildet ist, dass die Vorrichtung ausgebildet ist, zur Farbkodierung der Polarisation einerseits linear polarisiertes Licht wenigstens eines ersten Wellenlängenbereichs in einer ersten Polarisationsrichtung und andererseits unpolarisiertes Licht oder polarisiertes Licht mit wenigstens einer Polarisationskomponente in einer von der ersten Polarisationsrichtung unterschiedlichen, insbesondere auf die erste Polarisationsrichtung senkrechten, zweiten Polarisationsrichtung in wenigstens einem zweiten Wellenlängenbereich zu erzeugen, wobei der oder die ersten Wellenlängenbereiche mit dem oder den zweiten Wellenlängenbereichen nicht oder nur teilweise überlappen.

[0012] Unter der „Größe“ von Partikeln werden im Rahmen der vorliegenden Erfindung geometrische Maße der Partikel wie Länge, Durchmesser, Fläche, aber auch Form, usw. verstanden.

[0013] Eine erfindungsgemäße Vorrichtung ist beispielsweise ein Mikroskop, ein Makroskop, ein Stereomikroskop oder eine Makroaufnahmestation bei Aufricht-Beobachtung.

[0014] Die erfindungsgemäße Vorrichtung macht es möglich, lediglich anhand eines einzigen RGB-Farbbildes mit einer optischen Anordnung, die reflektiertes Licht von Partikeln mit bestimmter Farbe kodiert auf einen Bildsensor leitet und hierfür Licht mit farbkodierter Polarisation zur Beleuchtung der Partikelpräparate erzeugt, alle notwendigen Informationen über die Partikel der Partikelpräparate zur Verfügung zu stellen.

[0015] Die Erfindung beruht auf dem Grundgedanken, dass eine zweite Aufnahme eingespart werden kann, wenn die erste und einzige Aufnahme der Partikel aufgrund des erfindungsgemäß erzeugten das Partikelpräparat beleuchtenden Lichts bereits alle Informationen enthält, um sowohl Partikelgröße als auch Art der Partikel identifizieren zu können. Dafür muss das Licht auf unterscheidbare Weise Anteile von verschiedenen Polarisationen umfassen. Dies geschieht erfindungsgemäß durch eine Farbkodierung, indem ein Teil des farblichen Spektrums des Beleuchtungslichtes linear polarisiert wird und ein anderer Teil des Spektrums in einer unterschiedlichen Richtung linear polarisiert wird oder gegebenenfalls nicht oder nur teilweise polarisiert ist.

[0016] Da aufgrund der Farbkodierung bekannt ist, welche spektralen Komponenten, also welche Farben, welchen Polarisationszustand haben, lässt sich durch die Farbinformation des farb- und orts aufgelösten Bildes gleichzeitig rückschließen auf die Partikelgrößen und die Reflektivität der Partikel.

[0017] Durch die erfindungsgemäße Maßnahme entfällt außerdem das Problem von Verschiebungen des Präparats relativ zu den optischen Komponenten der Vorrichtung, die bei dem Vergleich der nach dem herkömmlichen Verfahren aufgenommenen zwei Bilder zu Problemen bei der Identifikation der Partikel führen können.

[0018] Das Licht mit farbkodierter Polarisation darf Wellenlängenbereiche aufweisen, in denen die verschiedenen Polarisationszustände gemeinsam vorhanden sind. Es ist jedoch notwendig, dass es auch Wellenlängenbereiche gibt, in denen nur der eine oder der andere Polarisationszustand vorherrscht, um eine Trennung in einer nachfolgenden Bildanalyse zu ermöglichen. Wenn solche getrennten Wellenlängenbereiche nicht vorhanden wären, hätte das Licht auch keine farbkodierte Polarisation.

[0019] Der lineare Polarisationsfilter des Analysators ist bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung vorzugsweise senkrecht zu der Polarisationsrichtung eines linear polarisierten Teils des Lichts mit farbkodierter Polarisation gestellt. Dieser Teil dient zur Feststellung der geometrischen Eigenschaften der Partikel.

[0020] Vorzugsweise ist eine Kodieranordnung umfasst, mittels der die farbkodierte Polarisierung erzeugt wird, wobei die Kodieranordnung Teil der Lichtquellenanordnung, der Polarisationsanordnung oder der Analysatoranordnung ist. Die Kodieranordnung umfasst mehrere optische Elemente im Strahlengang der Optik vor oder beim Polarisator oder auch in Verbindung mit dem Analysator, mit denen die Farbkodierung der Polarisierung vorgenommen wird.

[0021] In einer vorteilhaften Ausführungsform weist die Kodieranordnung einen dichroitischen Strahlteiler auf, der einfallendes Licht in einen ersten Teilstrahl und einen zweiten Teilstrahl mit unterschiedlichen Wellenlängenbereichen aufteilt, wobei im Strahlengang des ersten Teilstrahls ein linearer Polarisator und im Strahlengang des zweiten Teilstrahls ein Farbfilter angeordnet ist, wobei die Teilstrahlen nach Durchgang durch den Polarisator bzw. den Farbfilter in einem Strahlvereiniger zu einem ausgehenden Lichtstrahl zusammengeführt werden. Diese Kodieranordnung ist besonders vorteilhaft in der Polarisatoranordnung einsetzbar.

[0022] Bei der Verwendung von dichroitischen Strahlteilern kann das Wellenlängenspektrum in mehrere aufeinander folgende Wellenlängenbereiche aufgeteilt sein, die abwechselnd in den ersten und den zweiten Teilstrahl aufgeteilt werden. Im zweiten Teilstrahl ist ein Farbfilter angeordnet, der einen begrenzten Wellenlängenbereich oder im Extremfall nur eine Wellenlänge durchlässt. Der Farbfilter ist so gewählt, dass er einen im zweiten Teilstrahl vorhandenen Wellenlängenbereich passieren lässt. Es ist nicht notwendig, einen Polarisator in den zweiten Teilstrahl einzusetzen, jedoch kann dies unterstützend erfolgen, wobei dann der Polarisator vorzugsweise senkrecht zu dem Polarisator im ersten Teilstrahl ausgerichtet ist.

[0023] Der Strahlvereiniger ist vorzugsweise als dichroitischer Strahlteiler ausgebildet, der insbesondere gegebenenfalls bezüglich des Strahlengangs invertiert zum ersten dichroitischen Strahlteiler angeordnet ist. Der Strahlvereiniger kann auch ein halbdurchlässiger Spiegel sein. Dies bedeutet im Rahmen der Erfindung, dass der Spiegel Licht, das unter einem Winkel von einer Seite kommt, durchlässt und Licht, das von einer anderen Seite kommt, spiegelt.

[0024] In einer ebenfalls vorteilhaften, ebenfalls besonders vorteilhaft für die Polarisatoranordnung anwendbaren, Ausführungsform weist die Kodieranordnung in Richtung eines einfallenden Lichts eine Anordnung aus einer ersten Linse, einem ersten Prisma, einem zweiten Prisma und einer zweiten Linse auf, wobei das einfallende Licht nach Durchlaufen des ersten Prismas in ein Spektralband aufgefächert ist, wobei am Ort des Spektralbandes ein Kombinationsfilter mit einem Polarisator und einem Farbfilter angeordnet ist, mittels dessen ein Teil des Spektralbands durch den Polarisator geleitet wird und ein anderer Teil des Spektralbands durch den Farbfilter.

[0025] In diesem Fall wird das Spektralband des einfallenden Lichtes im Wesentlichen, bis auf eine begrenzte Verschmierung des Spektrums, überlappungsfrei in zwei unterschiedliche Bereiche aufgeteilt, wobei ein Bereich linear polarisiert wird und der andere Bereich durch den Farbfilter gelangt. Dieser zweite Bereich wird somit auf den Bereich eingengt, der den Farbfilter passieren kann.

[0026] Der Farbfilter kann durch einen anderen durchlässigen Filter oder einen Schlitz ersetzt werden, so lange das unpolarisierte Licht keinen wesentlichen Spektralanteil enthält, der nicht der für unpolarisiertes Licht vorgesehenen Farbe entspricht. Da an dieser Stelle das Licht spektral aufgefächert ist, entspricht diese Anordnung einem Farbfilter.

[0027] Das zweite Prisma und die zweite Linse sind vorzugsweise bezüglich des Kombinationsfilters invertierend zum ersten Prisma und zur ersten Linse angeordnet. Auf diese Weise wird das Spektralband nach Durchlaufen des Kombinationsfilters wieder zu einem gemeinsamen, insbesondere parallelen, Lichtstrahl vereinigt, dessen Licht eine farbkodierte Polarisierung aufweist. In diesem Fall ist ein Teil des einfallenden Lichtes durch den Farbfilter ausgefiltert worden und ist im Farbspektrum des resultierenden Lichtstrahls unterdrückt oder nicht mehr enthalten.

[0028] Eine ebenfalls bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung zeichnet sich dadurch aus, dass die Kodieranordnung einen Kombinationsfilter mit einem Muster mit einer Vielzahl von benachbarten Zonen in einer linearen Streifenanordnung, einer konzentrischen Anordnung oder einer Anordnung mit radialen Streifen aufweist, wobei sich in benachbarten Zonen jeweils Polarisatoren und Farbfilter abwechseln. Ein entsprechender Kombinationsfilter mit einem Muster mit einer Vielzahl von benachbarten Zonen wird dazu verwendet, in seinen verschiedenen Zonen die verschiedenen Komponenten des Lichtes mit farbkodierter Polarisierung zu erzeugen. Die Zonen sollten so fein sein, dass die Oberfläche der Partikelpräparate zum Zweck der Bildaufnahme homogen durch beide Typen von Licht beleuchtet wird. Diese Ausführungsform der Kodier-

anordnung mit Kombinationsfilter ist vorteilhaft sowohl in der Polarisatoranordnung als auch alternativ in der Analysatoranordnung einsetzbar. Bei einem Einsatz des Kombinationsfilters in der Polarisatoranordnung ist die Polarisationsrichtung der Polarisationskomponente senkrecht zur Polarisationsrichtung des Analysators zu wählen, bei Einsatz in der Analysatoranordnung senkrecht zum Polarisator.

[0029] Der Farbteil kann dadurch realisiert werden, dass eine Kombination einer Verzögerungsplatte, beispielsweise einem $\lambda/2$ -Plättchen, auch in Kombination mit anderen Verzögerungsplatten, und einem Farbfilter hinter dem Polarisator verwendet wird.

[0030] Das optimale Resultat wird durch ein bestimmtes Flächenverhältnis beider Teile im Kombinationsfilter erreicht sowie durch eine entsprechende Einstellung der Bildanalysesoftware. Die Oberflächen der Polarisatorkomponente und der Farbfilterkomponente haben vorzugsweise ein Verhältnis von 1:1 bis 10.000:1, insbesondere zwischen 3:1 bis 100:1.

[0031] Der Kombinationsfilter weist vorzugsweise eine zentrale Öffnung für eine Abbe-Optik eines Stereomikroskops auf. Der Kombinationsfilter hat dann eine ringförmige Oberfläche, so dass eine ideale homogene Ausleuchtung mit beiden Komponenten des farbkodiert polarisierten Lichts mit konzentrischen Zonen bzw. radial angeordneten Zonen verwirklicht wird.

[0032] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist vorgesehen, dass die Kodieranordnung ein oder mehrere λ -Plättchen aufweist, das oder die ausgebildet sind, bei linear polarisiertem Licht von einer bestimmten Wellenlänge die Polarisation zu erhalten und bei anderen Wellenlängen die Polarisation wenigstens teilweise zu zerstören. Die Verwendung von λ -Plättchen einer vollen Wellenlänge oder auch einer mehrfachen Wellenlänge nutzt den Umstand aus, dass die optisch aktiven Materialien die Polarisationssebene von polarisiertem Licht drehen. Dieser Effekt ist allerdings dispersiv, so dass für verschiedene Wellenlängen die Polarisationssebenen um verschiedene Beträge gedreht werden. Für eine bestimmte Wellenlänge, also eine bestimmte Farbe, ergibt sich somit eine genaue Drehung des linear polarisierten Lichts um 360° , während für andere Wellenlängen eine unterschiedliche Drehung stattfindet. Durch Kombinationen mehrerer λ -Plättchen kann für diese anderen Wellenlängen die Polarisation wenigstens teilweise zerstört werden. In anderen Wellenlängen ist somit eine unpolarisierte Komponente des Lichts am Ausgang vorhanden, während für die ausgewählte Wellenlänge weiterhin linear polarisiertes Licht zur Verfügung steht. Diese Kodieranordnung kann in der Polarisatoranordnung umfasst sein oder in der Analysatoranordnung. In letzterem Fall kann die Kodieranordnung die Aufgabe des Analysators übernehmen, so dass die gleiche Wirkung erzielt wird.

[0033] In einer vorteilhaften Ausführungsform sind wenigstens zwei verschiedene Lichtquellen umfasst, wobei die Lichtquellen Licht mit wenigstens teilweise unterschiedlichen Farben oder Farbspektren erzeugen, wobei insbesondere eine Lichtquelle weißes Licht und eine andere Lichtquelle farbiges Licht erzeugt. In diesem Fall kann das Licht der ersten Quelle im Polarisator polarisiert werden, während das farbiges Licht der zweiten Lichtquelle beispielsweise unpolarisiert bleiben kann. Mit zwei verschiedenen Lichtquellen, von denen nur eine den Polarisator bestrahlt, wird auf sehr einfache Weise eine Farbkodierung der Polarisation des Lichts erzielt. Das farbiges Licht kann auch durch einen Laser erzeugt werden. Wenigstens eine farbiges Lichtquelle ist ferner vorzugsweise als externe Lichtquelle umfasst. Dies ist die Lichtquelle des Lichts, das nicht im Polarisator polarisiert wird.

[0034] In jedem der beschriebenen Fälle berücksichtigt die Bildauswertung die Wellenlängenbereiche, in denen die verschiedenen Polarisierungen bekannt sind, also die bekannte Farbkodierung der Polarisation des Lichts.

[0035] Die Bildaufnahmeeinrichtung weist vorzugsweise einen Bildsensor mit einem vorgeschalteten Bayer-Filter, drei Sensoren mit einem Strahlteilerprisma und/oder vorgeschalteten Farbfiltern oder einen X3-Farbsensor auf. Bildsensoren mit Bayer-Filter werden in vielen Anwendungen, unter anderem der Fotografie, verwendet. Der Bayer-Filter weist für jeden Bildpunkt bzw. jede Matrixzelle des Sensors einen einfarbigen Filter auf, der entweder Rot, Grün oder Blau ist.

[0036] Üblicherweise werden an einem Pixel eines Farbbildes zwei Farbkomponenten, die aufgrund des Farbfilters vor dem Pixel nicht direkt vermessen werden können, aus den Pixelwerten der Nachbarpixel interpoliert, vor denen der Farbfilter der entsprechenden Farbe sitzt. X3-Sensoren verwenden pro Bildpunkt drei in mehreren Schichten übereinander liegende Sensorelemente, um mit jedem Pixel alle drei Grundfarben aufzuzeichnen.

[0037] Die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe wird auch durch ein Verfahren zur optischen Bestimmung von Partikeleigenschaften, einschließlich Größe und Reflektivität, bei dem ein Partikelpräparat in einer Probenhalterung einer Vorrichtung zur optischen Bestimmung von Partikeleigenschaften, insbesondere einer zuvor beschriebenen erfindungsgemäßen Vorrichtung, platziert wird und eine farb- und orts aufgelöste Aufnahme des Partikelpräparats oder eines Teils des Partikelpräparats gemacht wird, gelöst, wobei das Partikelpräparat oder ein Teil des Partikelpräparats im Auflichtverfahren beleuchtet wird, wobei von einem Partikelpräparat reflektiertes Licht mit einer farbkodierten Polarisation auf den wenigstens einen Matrix-Bildsensor geleitet wird, wobei erfindungsgemäß das Licht mit farbkodierter Polarisation einerseits linear polarisiertes Licht wenigstens eines ersten Wellenlängenbereichs in einer ersten Polarisationsrichtung und andererseits unpolarisiertes Licht oder polarisiertes Licht mit wenigstens einer Polarisationskomponente in einer von der ersten Polarisationsrichtung unterschiedlichen zweiten Polarisationsrichtung in wenigstens einem zweiten Wellenlängenbereich enthält, wobei der oder die ersten Wellenlängenbereiche mit dem oder den zweiten Wellenlängenbereichen nicht oder nur teilweise überlappen.

[0038] Das erfindungsgemäße Verfahren weist die gleichen Eigenschaften, Merkmale und Vorteile auf, wie die zuvor beschriebene erfindungsgemäße Vorrichtung.

[0039] Vorzugsweise wird das von dem Partikelpräparat reflektierte Licht durch einen Analysator mit einem linearen Polarisationsfilter geleitet, dessen Polarisationsrichtung senkrecht zu einer ersten Polarisationsrichtung des Lichts mit farbkodierter Polarisation ausgerichtet ist. Alternativ kann die Farbkodierung der Polarisation auch erst nach der Reflexion erfolgen, indem beispielsweise zunächst linear in einer Richtung polarisiertes, beispielsweise weißes, Licht auf die Probe geleuchtet wird und anschließend in der Analysatoranordnung eine Aufteilung nach Polarisation und Farbe erfolgt, insbesondere wie oben beschrieben.

[0040] Aus den farb- und orts aufgelösten Bildinformationen einer einzelnen Aufnahme werden aus wenigstens einem Wellenlängenbereich mit einer ersten Polarisationsrichtung Größeninformationen und aus wenigstens einem zweiten Wellenlängenbereich mit unpolarisiertem Licht oder mit wenigstens einer Polarisationskomponente in einer von der ersten Polarisationsrichtung unterschiedlichen zweiten Polarisationsrichtung Informationen zur Reflektivität von Partikeln des Partikelpräparats bestimmt.

[0041] Im Rahmen der Erfindung wird unter einem Wellenlängenbereich auch eine einzelne Wellenlänge verstanden, wenn durch einen entsprechenden Farbfilter oder eine entsprechende Lichtquelle Licht nur einer Wellenlänge oder ein schmales Band mit geringer Bandbreite erzeugt wird. Es ist auch im Rahmen der Erfindung vorgesehen, dass aus zwei verschiedenen Lichtquellen Licht mit wenigstens teilweise unterschiedlichen Wellenlängen und verschiedenen Polarisationszuständen erzeugt und anschließend miteinander gemischt werden, um Partikelpräparate zu beleuchten.

[0042] Die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe wird ferner durch ein System zur optischen Bestimmung von Partikeleigenschaften, insbesondere Größe und Reflektivität, mit einer erfindungsgemäßen zuvor beschriebenen Vorrichtung und einer Auswertungseinrichtung gelöst, die zum Empfang, zur Speicherung und zur Verarbeitung von farb- und orts aufgelösten Aufnahmen eine mit der Vorrichtung verbundene Schnittstelle, einen Datenspeicher und einen Prozessor aufweist, das dadurch weitergebildet ist, dass die Auswertungseinrichtung mittels eines Computerprogramms ausgebildet und eingerichtet ist, aus den farb- und orts aufgelösten Bildinformationen einer einzelnen Aufnahme aus wenigstens einem ersten Wellenlängenbereich mit einer ersten Polarisationsrichtung Größeninformationen und aus wenigstens einem zweiten Wellenlängenbereich mit unpolarisiertem Licht oder mit wenigstens einer Polarisationskomponente in einer von der ersten Polarisationsrichtung unterschiedlichen zweiten Polarisationsrichtung Informationen zur Reflektivität von Partikeln des Partikelpräparats zu bestimmen.

[0043] Auch das erfindungsgemäße System weist die gleichen Vorteile, Merkmale und Eigenschaften wie die erfindungsgemäße Vorrichtung und das erfindungsgemäße Verfahren auf.

[0044] Weitere Merkmale der Erfindung werden aus der Beschreibung erfindungsgemäßer Ausführungsformen zusammen mit den Ansprüchen und den beigelegten Zeichnungen ersichtlich. Erfindungsgemäße Ausführungsformen können einzelne Merkmale oder eine Kombination mehrerer Merkmale erfüllen.

[0045] Die Erfindung wird nachstehend ohne Beschränkung des allgemeinen Erfindungsgedankens anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben, wobei bezüglich aller im Text nicht näher erläuterten erfindungsgemäßen Einzelheiten ausdrücklich auf die Zeichnungen verwiesen wird. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer bekannten Vorrichtung zur Erfassung von Partikeleigenschaften,

Fig. 2 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung,

Fig. 3 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Kodieranordnung,

Fig. 4 eine schematische Darstellung einer weiteren erfindungsgemäßen Kodieranordnung,

Fig. 5 eine schematische Darstellung von erfindungsgemäßen Kombinationsfiltern,

Fig. 6 eine schematische Darstellung einer weiteren erfindungsgemäßen Vorrichtung und

Fig. 7 eine schematische Darstellung einer weiteren erfindungsgemäßen Vorrichtung.

[0046] In den Zeichnungen sind jeweils gleiche oder gleichartige Elemente und/oder Teile mit denselben Bezugsziffern versehen, so dass von einer erneuten Vorstellung jeweils abgesehen wird.

[0047] Die Erfindung wird im Folgenden anhand eines Auflichtmikroskops beschrieben. Die Ausführungen sind jedoch auch ohne Weiteres auf andere Vorrichtungen, etwa im Auflichtverfahren betriebene Mikroskope, Makroskope, Stereomikroskope oder Makroaufnahmestationen übertragbar und anwendbar.

[0048] In **Fig. 1a)** und **b)** ist ein bekanntes Auflichtmikroskop **1** ausschnittsweise schematisch dargestellt, das zur Bestimmung von Partikeleigenschaften verwendbar ist. Auflichtmikroskopie bedeutet, dass das Präparat von der gleichen Seite beleuchtet wird, von der es mit Objektiven betrachtet wird, im Gegensatz zur Durchlichtmikroskopie, bei der das Präparat durchstrahlt wird.

[0049] Das Auflichtmikroskop **1** weist ein sogenanntes Lichthaus **2** auf, das eine Beleuchtungseinrichtung, beispielsweise eine Lampe, zur Beleuchtung eines Präparats auf einem Präparatträger **6** aufweist. Der Strahlengang ist in **Fig. 1** nicht dargestellt. Das Beleuchtungslicht wird durch einen Polarisator **3** geführt, in dem es linear polarisiert wird. In **Fig. 1** ist dies eine horizontale Richtung. Die Polarisationsrichtung ist in **Fig. 1a)** und **Fig. 1b)** gleich. Nach Durchgang durch den Polarisator **3** wird das Beleuchtungslicht umgelenkt und auf ein Präparat auf dem Präparatträger **6** gelenkt. Dies kann durch ein Objektiv **4** geschehen, aber auch von außen. Das von den Präparaten auf dem Präparatträger **6** reflektierte Licht wird durch ein Objektiv **4** zu einem Analysator **5** geleitet und anschließend zu einem Okular **8**, gleichzeitig zu einer Bildaufnahmeeinrichtung **9**.

[0050] Die **Fig. 1a)** unterscheidet sich von der **Fig. 1b)** in der Polarisationsrichtung des Analysators **5**. In **Fig. 1a)** ist der Analysator **5** mit seiner Polarisationsrichtung vertikal, also senkrecht zur Polarisationsrichtung des Polarisators **3** gestellt, in **Fig. 1b)** sind Polarisator **3** und Analysator **5** parallel eingestellt.

[0051] In den rechten Teilen der **Fig. 1a)** und **1b)** sind die optischen Erscheinungsformen von reflektierenden Partikeln **11** und nicht reflektierenden Partikeln **13** dargestellt. Im beispielhaft dargestellten Fall ist das reflektierende Partikel **11** rund und das nicht reflektierende Partikel **13** quadratisch. In der in **Fig. 1a)** dargestellten Konfiguration mit gekreuztem Polarisator **3** und Analysator **5** erscheinen beide Partikel **11**, **13** schwarz, so dass die geometrischen Eigenschaften dieser Partikel ideal erfasst werden können. In **Fig. 1b)** stehen Polarisator **3** und Analysator **5** parallel zueinander. Das reflektierende Partikel **11** erscheint heller, da reflektiertes Licht durch den Analysator **5** hindurchgelassen wird und somit für ein helleres Bild sorgt. Auf diese Weise sind in den beiden Bildern, die gemäß der Konfiguration in **Fig. 1a)** und in **Fig. 1b)** gemacht werden, sowohl Partikelgrößen als auch Partikelarten unterscheidbar.

[0052] In **Fig. 2** ist ebenfalls ein Auflichtmikroskop **1** dargestellt, das sich von dem Auflichtmikroskop **1** aus **Fig. 1** in der Art der Lichtquellenanordnung im Lichthaus **2** unterscheidet. Anstelle lediglich eines linear polarisierten Polarisators **3** ist gemäß **Fig. 2** eine modifizierter Polarisatoranordnung **3'** mit einer Kombination aus einem Polarisator **3** und einem Farbfiler **7** für das Licht aus der internen Lichtquelle vorgesehen, alternativ auch kombinierte unterschiedliche Lichtquellen. Der Polarisationsfilter des Analysators **5** ist in seiner Polarisationsrichtung senkrecht zum Polarisator **3** der Polarisatoranordnung **3'** eingestellt. Mittels des Polarisators **3** und des Farbfilters **7** wird in der Lichtquellenanordnung in dem Auflichtmikroskop **1** erfindungsgemäß Licht mit farbkodierter Polarisation erzeugt, die zur Beleuchtung der Präparate auf dem Präparatträger **6** dienen.

[0053] Der Teil des Wellenlängenspektrums, der durch den Polarisator **3** polarisiert wird, ergibt zusammen mit dem senkrecht dazu ausgerichteten Analysator **5** die Konfiguration aus **Fig. 1a)**, so dass damit die geometrischen Eigenschaften der Partikel messbar sind, während derjenige Teil des Wellenlängenspektrums, der durch den Farbfiler **7** tritt, nicht entsprechend linear polarisiert ist und somit der Konfiguration aus **Fig. 1b)**

insoweit entspricht, als zumindest eine Komponente der Polarisation dieses Lichts parallel zum Analysator **5** polarisiert ist. Diese Komponente wird zur Erfassung des Partikeltyps, also ob das jeweilige Partikel reflektierend ist oder nicht, verwendet.

[0054] Alternativ kann auch eine modifizierte Analysatoranordnung **5'** mit einer Kombination aus einem Polarisationsfilter des Analysators **5** und einem Farbfilter **7** verwendet werden. In diesem Fall enthält die Polarisationsanordnung nur einen konventionellen Polarisator, aber keinen Farbfilter. Auch in diesem Fall stehen die Polarisationsrichtungen der Polarisationsfilterkomponenten in Polarisator **3** und Analysator **5** senkrecht aufeinander.

[0055] In **Fig. 3** ist eine erste erfindungsgemäße Kodieranordnung **20** für ein Auflichtmikroskop **1** schematisch dargestellt, bei der einfallendes Licht **21** von links eintritt und auf einen dichroitischen Strahlteiler **22** trifft. Dieser teilt das einfallende Licht **21** in zwei oder mehr Wellenlängenbereiche auf, die zum einen in einen transmittierten ersten Teilstrahl **27** und zum anderen in einen reflektierten zweiten Teilstrahl **28** aufgeteilt werden. Die von dem dichroitischen Strahlteiler **22** reflektierten Anteile werden durch einen Spiegel **23** nochmals reflektiert.

[0056] Der erste Teilstrahl **27** wird durch einen Polarisator **3** geführt, während der zweite Teilstrahl **28** durch einen Farbfilter **7** geführt wird. Der zweite Teilstrahl **28** wird nach Durchtritt durch den Farbfilter **7** über einen Spiegel **24** zu einem Strahlvereiniger **25** gelenkt, wo er auf dem ersten Teilstrahl **27** trifft und mit ihm zu einem ausgehenden Lichtstrahl **26** vereinigt wird.

[0057] Der Strahlvereiniger **25** kann ein invertiert angeordneter dichroitischer Strahlteiler sein oder aber ein halbdurchlässiger Spiegel, der auf der Seite des einkommenden ersten Teilstrahls **27** durchlässig und auf der Seite des einkommenden zweiten Teilstrahls reflektierend ausgebildet ist.

[0058] Da dichroitische Strahlteiler das Wellenlängenspektrum in mehrere Bereiche aufteilen, die jeweils entweder reflektiert oder durchgelassen werden, ergibt sich bei der Kodieranordnung **20** ein Spektrum mit mehreren Bereichen, die linear polarisiert sind und mit wenigstens einem farbgefilterten Wellenlängenbereich.

[0059] In **Fig. 4** ist ein Alternativbeispiel einer erfindungsgemäßen Kodieranordnung **30** gezeigt. Einfallendes paralleles Licht **31** trifft zunächst auf eine Linse **32**, die beispielsweise sphärisch oder zylindrisch ausgebildet sein kann. Die erste Linse **32** bündelt das einfallende Licht in einem Punkt oder in einer Linie. Es folgt ein Prisma **33**, das den Punkt oder die Linie spektral aufteilt, so dass sich ein Spektralband **34** ergibt. Am Ort des Spektralbandes **34** ist ein Kombinationsfilter **35** angeordnet, das einen großen Teil des Spektralbandes **34** mit einem Polarisator **3** linear polarisiert, und ein Farbfilter **7**, der einen kleineren Teil des Spektralbandes **34** farblich filtert.

[0060] Es schließen sich ein zweites Prisma **36** und eine zweite Linse **37** an, die die optischen Konversionen des einfallenden Lichts **31** in der ersten Linse **32** und dem ersten Prisma **33** rückgängig machen, so dass ein paralleler Lichtstrahl mit farbcodierter Polarisation austritt.

[0061] **Fig. 5** zeigt vier Beispiele von erfindungsgemäßen Kombinationsfiltern **40**, **41**, **42**, **43**, die schmale Zonen mit Polarisator **3** und Farbfilter **7** aufweisen, die einander jeweils von Zone zu Zone abwechseln, dargestellt durch hellere und dunklere Bereiche.

[0062] Der Kombinationsfilter **40** weist hierfür gerade streifenförmige Bereiche auf, der Kombinationsfilter **41** konzentrische Zonen. Die Kombinationsfilter **42** und **43** weisen jeweils eine zentrale Öffnung **44** für eine ringförmige Beleuchtung eines Makroskops, Stereomikroskops oder einer Makroaufnahmestation auf. Hierbei weist der Kombinationsfilter **42** wiederum eine konzentrische Anordnung von ringförmigen Zonen auf, während der Kombinationsfilter **43** eine Folge von abwechselnden radial ausgerichteten Zonen aufweist.

[0063] In **Fig. 6** ist eine schematische Darstellung einer weiteren erfindungsgemäßen Vorrichtung ausschnittsweise gezeigt, bei der auf einem Präparatträger **6** ein Präparat **10** angeordnet ist. Dieses wird mit Licht aus zwei verschiedenen Lichtquellen beleuchtet, nämlich einem intern erzeugten einfallenden Lichtstrahl **52**, der durch einen Polarisator **3** polarisiert wird, und einen intern oder extern erzeugten farbigen Lichtstrahl **52**, der nicht durch den Polarisator **3** polarisiert wird. Es kann sich bei dem Licht **52** um monochromatisches oder schmalbandiges farbiges Licht handeln. Das Licht wird von dem Präparat reflektiert und gelangt als ausgehendes Licht **56** zum Analysator.

[0064] In Fig. 7 ist diese Anordnung für den Fall eines Stereo-Mikroskops mit Abbe-Optik gezeigt, wobei ein innerer Analysator **5** von einem konzentrischen Polarisator **3** in Ringform umgeben ist. Weiter außen sind eine oder mehrere externe farbige Lichtquellen **50** angeordnet. Damit entspricht diese Anordnung funktionell derjenigen aus Fig. 6 für den Fall eines Stereo-Mikroskops.

[0065] In den in Fig. 6 und Fig. 7 gezeigten Fällen wird das erfindungsgemäße Ergebnis durch Einsatz zweier unterschiedlicher Lichtquellen erzeugt, ohne Notwendigkeit von Farbfiltren, die allerdings Teil der internen oder externen Lichtquellen sein können.

[0066] In der folgenden Tabelle werden mögliche Farbkombinationen von senkrecht und parallelen bzw. nicht polarisierten Komponenten des Wellenlängenspektrums aufgelistet, die für das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäße Vorrichtung vorteilhaft in Frage kommen.

[0067] In dieser Tabelle werden zusammengesetzte RGB-Farben verwendet. Dabei bedeuten: Weiß = Rot + Grün + Blau, Cyan = Grün + Blau, Magenta = Rot + Blau, Gelb = Rot + Grün.

	Komponenten des Beleuchtungslichtes		RGB-Anteile in der Bildanalyse verwendbar für	
	polarisiertes Licht	farbgefiltertes Licht	Formerfassung	Reflektionserkennung
1	Weiß	Rot	Grün + Blau	Rot
2	Weiß	Grün	Rot + Blau	Grün
3	Weiß	Blau	Rot + Grün	Blau
4	Weiß	Cyan	Rot	Grün + Blau
5	Weiß	Magenta	Grün	Rot + Blau
6	Weiß	Gelb	Blau	Rot + Grün
7	Cyan	Rot	Grün + Blau	Rot
8	Cyan	Gelb	Blau	Rot + Grün
9	Cyan	Magenta	Grün	Rot + Blau
10	Magenta	Grün	Rot + Blau	Grün
11	Magenta	Gelb	Blau	Rot + Grün
12	Magenta	Cyan	Rot	Grün + Blau
13	Gelb	Blau	Rot + Grün	Blau
14	Gelb	Magenta	Grün	Rot + Blau
15	Gelb	Cyan	Rot	Grün + Blau
16	Rot	Grün	Rot	Grün
17	Rot	Blau	Rot	Blau
18	Rot	Cyan	Rot	Grün + Blau
19	Grün	Rot	Grün	Rot
20	Grün	Blau	Grün	Blau
21	Grün	Magenta	Grün	Rot + Blau
22	Blau	Rot	Blau	Rot
23	Blau	Grün	Blau	Grün
24	Blau	Gelb	Blau	Rot + Grün

Bezugszeichenliste

- 1** Auflichtmikroskop
- 2** Lichthaus
- 3** Polarisator

3'	modifizierte Polarisatoranordnung
4	Objektive
5	Analysator
5'	modifizierte Analysatoranordnung
6	Präparatträger
7	Farbfilter
8	Okular
9	Bildaufnahmeeinrichtung
10	Präparat
11	reflektierendes Partikel
13	nichtreflektierendes Partikel
20	Kodieranordnung
21	einfallendes Licht
22	Dichroitischer Strahlteiler
23, 24	Spiegel
25	Strahlvereiniger
26	ausgehender Lichtstrahl
27	erster Teilstrahl
28	zweiter Teilstrahl
30	Kodieranordnung
31	einfallendes Licht
32	Linse
33	Prisma
34	Spektralband
35	Kombinationsfilter
36	Prisma
37	Linse
38	ausgehendes Licht
40, 41	Kombinationsfilter
42, 43	Kombinationsfilter für Stereomikroskop
44	zentrale Öffnung
50	externe Farblichtquelle
52	einfallendes Licht
54	einfallendes externes farbiges Licht
56	ausgehendes Licht

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur optischen Bestimmung von Partikeleigenschaften, einschließlich Größe und Reflektivität, umfassend wenigstens eine Lichtquellenanordnung mit wenigstens einer Lichtquelle, eine Polarisatoranordnung (3, 3'), wenigstens eine von der wenigstens einen Lichtquelle beleuchtbare Probenhalterung (6) zur Aufnahme zu untersuchender Partikelpräparate (10), wenigstens eine Analysatoranordnung (5, 5') und wenigstens eine Bildaufnahmeeinrichtung (9) mit wenigstens einem farbauflösenden Matrix-Bildsensor, wobei die Vorrich-

tung ausgebildet ist, von einem Partikelpräparat (10) reflektiertes Licht mit einer farbkodierten Polarisation auf den wenigstens einen Matrix-Bildsensor zu leiten, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung ausgebildet ist, zur Farbkodierung der Polarisation einerseits linear polarisiertes Licht wenigstens eines ersten Wellenlängenbereichs in einer ersten Polarisationsrichtung und andererseits unpolarisiertes Licht oder polarisiertes Licht mit wenigstens einer Polarisationskomponente in einer von der ersten Polarisationsrichtung unterschiedlichen, insbesondere auf die erste Polarisationsrichtung senkrechten, zweiten Polarisationsrichtung in wenigstens einem zweiten Wellenlängenbereich zu erzeugen, wobei der oder die ersten Wellenlängenbereiche mit dem oder den zweiten Wellenlängenbereichen nicht oder nur teilweise überlappen.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Polarisationsrichtung senkrecht zu einer Polarisationsrichtung des Analysators (5, 5') ausgerichtet ist

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Kodieranordnung (20, 30) umfasst ist, mittels der die farbkodierte Polarisation erzeugt wird, wobei die Kodieranordnung (20, 30) Teil der Lichtquellenanordnung, der Polarisationsanordnung (3, 3') oder der Analysatoranordnung (5, 5') ist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kodieranordnung (20) einen dichroitischen Strahlteiler (22) aufweist, der einfallendes Licht (21) in einen ersten Teilstrahl (27) und einen zweiten Teilstrahl (28) mit unterschiedlichen Wellenlängenbereichen aufteilt, wobei im Strahlengang des ersten Teilstrahls (27) ein linearer Polarisator (3) und im Strahlengang des zweiten Teilstrahls (28) ein Farbfilter (7) angeordnet ist, wobei die Teilstrahlen (27, 28) nach Durchgang durch den Polarisator (3) bzw. den Farbfilter (7) in einem Strahlvereiniger (25), der insbesondere als dichroitischer Strahlteiler oder als halbdurchlässiger Spiegel ausgebildet ist, zu einem ausgehenden Lichtstrahl (26) zusammengeführt werden.

5. Vorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kodieranordnung (20, 30) in Richtung eines einfallenden Lichts (31) eine Anordnung aus einer ersten Linse (32), einem ersten Prisma (33), einem zweiten Prisma (36) und einer zweiten Linse (37) aufweist, wobei das einfallende Licht (31) nach Durchlaufen des ersten Prismas (33) in ein Spektralband (34) aufgefächert ist, wobei am Ort des Spektralbandes (34) ein Kombinationsfilter (35) mit einem Polarisator (3) und einem Farbfilter (7) angeordnet ist, mittels dessen ein Teil des Spektralbandes (34) durch den Polarisator (3) geleitet wird und ein anderer Teil des Spektralbandes (34) durch den Farbfilter (7), wobei insbesondere das zweite Prisma (36) und die zweite Linse (37) bezüglich des Kombinationsfilters (35) invertierend zum ersten Prisma (33) und zur ersten Linse (32) angeordnet sind.

6. Vorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kodieranordnung (20, 30) einen Kombinationsfilter (40, 41, 42, 43) mit einem Muster mit einer Vielzahl von benachbarten Zonen in einer linearen Streifenanordnung, einer konzentrischen Anordnung oder einer Anordnung mit radialen Streifen aufweist, wobei sich in benachbarten Zonen jeweils Polarisatoren (3) und Farbfilter (7) abwechseln, wobei insbesondere der Kombinationsfilter eine zentrale Öffnung für eine Abbe-Optik eines Stereo-Mikroskops aufweist.

7. Vorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kodieranordnung (20, 30) ein oder mehrere λ -Plättchen aufweist, das oder die ausgebildet sind, bei linear polarisiertem Licht von einer bestimmten Wellenlänge die Polarisation zu erhalten und bei anderen Wellenlängen die Polarisation wenigstens teilweise zu zerstören.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens zwei verschiedene Lichtquellen umfasst sind, wobei die Lichtquellen Licht mit wenigstens teilweise unterschiedlichen Farben oder Farbspektren erzeugen, wobei insbesondere eine Lichtquelle weißes Licht und eine andere Lichtquelle farbiges Licht erzeugt.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens eine farbige Lichtquelle als externe Lichtquelle umfasst ist.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bildaufnahmeeinrichtung (9) einen Bildsensor mit einem vorgeschalteten Bayer-Filter, drei Sensoren mit einem Strahlteilerprisma oder einen X3-Farbsensor aufweist.

11. Verfahren zur optischen Bestimmung von Partikeleigenschaften, einschließlich Größe und Reflektivität, bei dem ein Partikelpräparat in einer Probenhalterung einer Vorrichtung zur optischen Bestimmung von Partikeleigenschaften platziert wird und eine farb- und orts aufgelöste Aufnahme des Partikelpräparats oder eines Teils des Partikelpräparats gemacht wird, wobei das Partikelpräparat oder ein Teil des Partikelpräparats

im Auflichtverfahren beleuchtet wird, wobei von einem Partikelpräparat reflektiertes Licht mit einer farbkodierten Polarisation auf wenigstens einen Matrix-Bildsensor geleitet wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Licht mit farbkodierter Polarisation einerseits linear polarisiertes Licht wenigstens eines ersten Wellenlängenbereichs in einer ersten Polarisationsrichtung und andererseits unpolarisiertes Licht oder polarisiertes Licht mit wenigstens einer Polarisationskomponente in einer von der ersten Polarisationsrichtung unterschiedlichen zweiten Polarisationsrichtung in wenigstens einem zweiten Wellenlängenbereich enthält, wobei der oder die ersten Wellenlängenbereiche mit dem oder den zweiten Wellenlängenbereichen nicht oder nur teilweise überlappen.

12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass das von dem Partikelpräparat reflektierte Licht durch einen Analysator (5) mit einem linearen Polarisationsfilter (3) geleitet wird, dessen Polarisationsrichtung senkrecht zu einer ersten Polarisationsrichtung des Lichts mit farbkodierter Polarisation ausgerichtet ist.

13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass aus den farb- und orts aufgelösten Bildinformationen einer einzelnen Aufnahme aus wenigstens einem ersten Wellenlängenbereich mit einer ersten Polarisationsrichtung Größeninformationen und aus wenigstens einem zweiten Wellenlängenbereich mit unpolarisiertem Licht oder mit wenigstens einer Polarisationskomponente in einer von der ersten Polarisationsrichtung unterschiedlichen zweiten Polarisationsrichtung Informationen zur Reflektivität von Partikeln des Partikelpräparats bestimmt werden.

14. System zur optischen Bestimmung von Partikeleigenschaften, einschließlich Größe und Reflektivität, mit einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10 und einer Auswertungseinrichtung, die zum Empfang, zur Speicherung und zur Verarbeitung von farb- und orts aufgelösten Aufnahmen eine mit der Vorrichtung verbundene Schnittstelle, einen Datenspeicher und einen Prozessor aufweist, wobei die Auswertungseinrichtung mittels eines Computerprogramms ausgebildet und eingerichtet ist, aus den farb- und orts aufgelösten Bildinformationen einer einzelnen Aufnahme aus wenigstens einem ersten Wellenlängenbereich mit einer ersten Polarisationsrichtung Größeninformationen und aus wenigstens einem zweiten Wellenlängenbereich mit unpolarisiertem Licht oder mit wenigstens einer Polarisationskomponente in einer von der ersten Polarisationsrichtung unterschiedlichen zweiten Polarisationsrichtung Informationen zur Reflektivität von Partikeln des Partikelpräparats zu bestimmen.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1
(Stand der Technik)

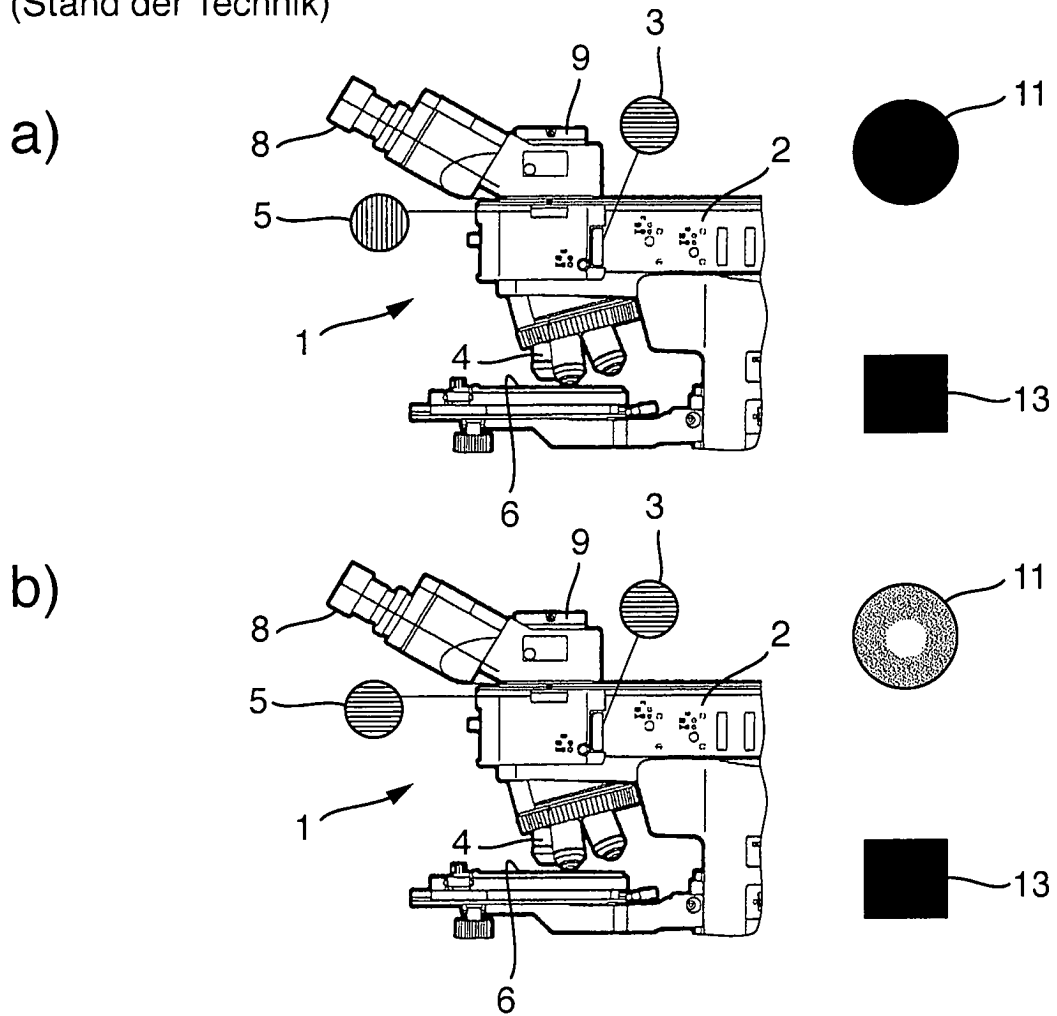


Fig. 2

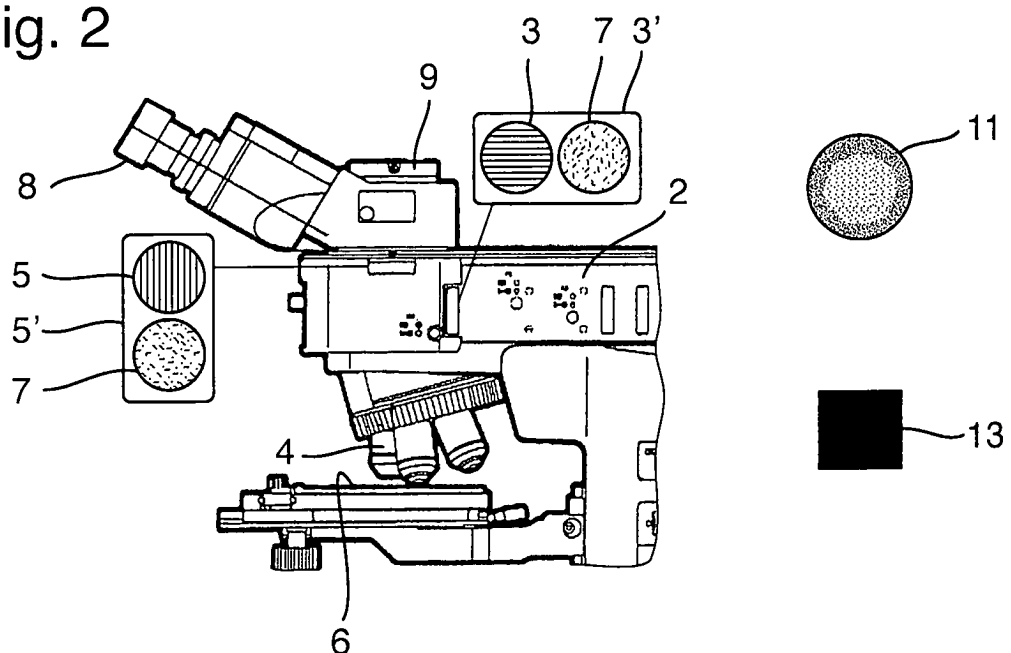


Fig. 3

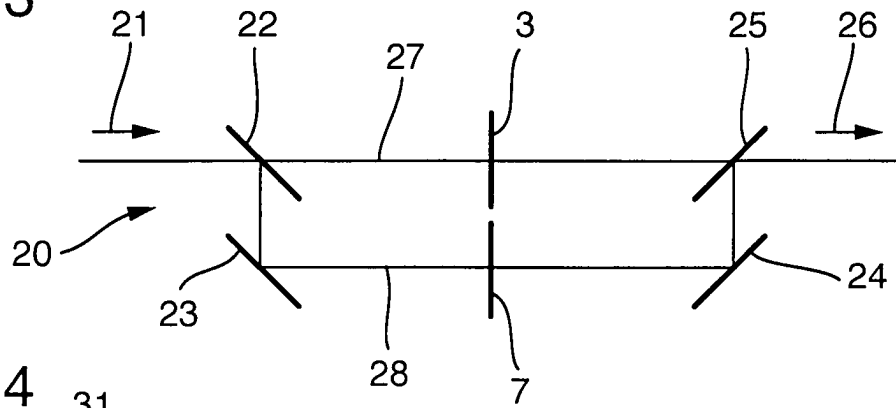


Fig. 4

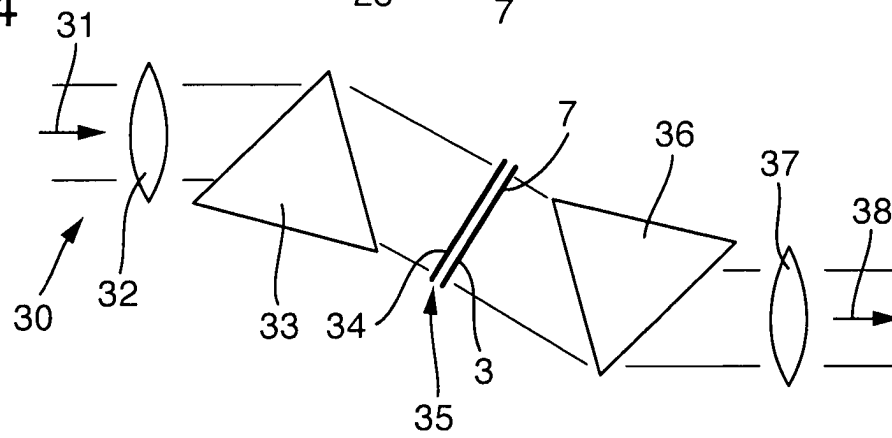


Fig. 5

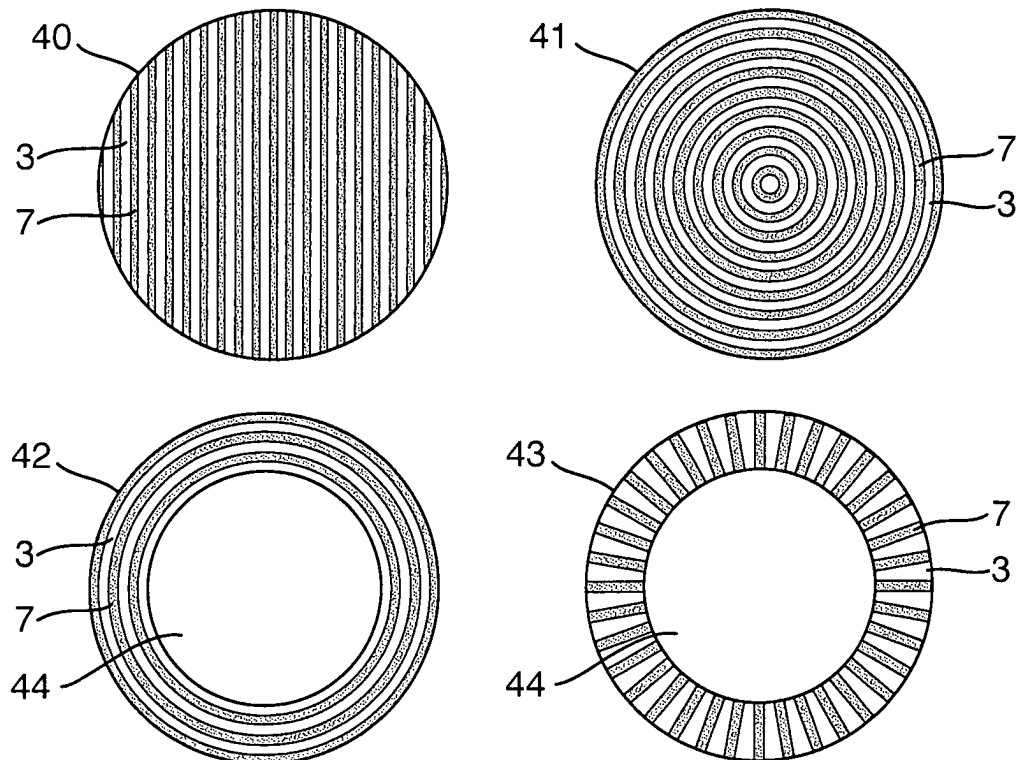


Fig. 6

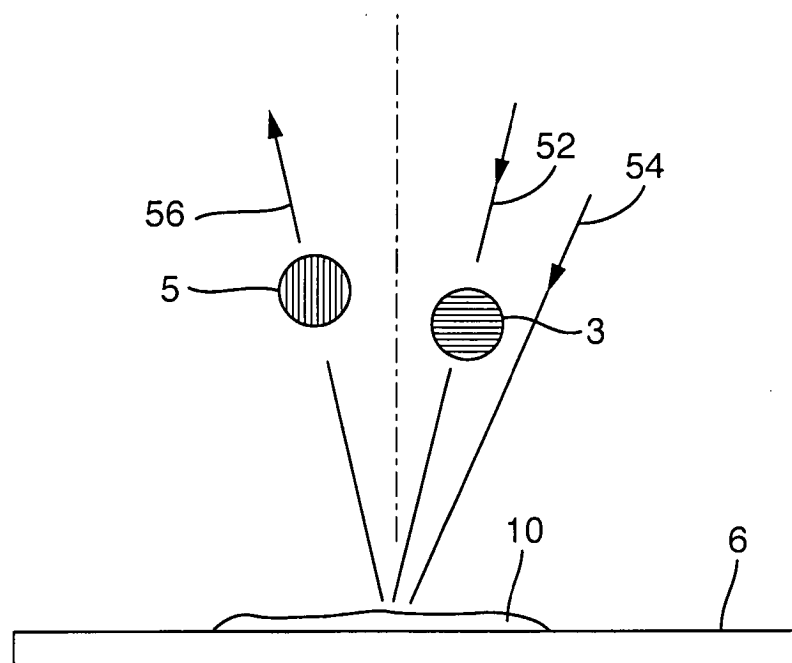


Fig. 7

