



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 20 2007 012 346 U1** 2008.01.24

(12)

Gebrauchsmusterschrift

(21) Aktenzeichen: **20 2007 012 346.9**

(22) Anmeldetag: **04.09.2007**

(47) Eintragungstag: **20.12.2007**

(43) Bekanntmachung im Patentblatt: **24.01.2008**

(51) Int Cl.⁸: **G01N 21/95** (2006.01)
G01N 33/44 (2006.01)

(73) Name und Wohnsitz des Inhabers:
Goldlücke, Jürgen, 91058 Erlangen, DE

(74) Name und Wohnsitz des Vertreters:
**Schneider, A., Dipl.-Phys., Pat.-Anw., 92318
Neumarkt**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung zur optischen Analyse der Struktur einer Probe eines porigen Werkstoffes**

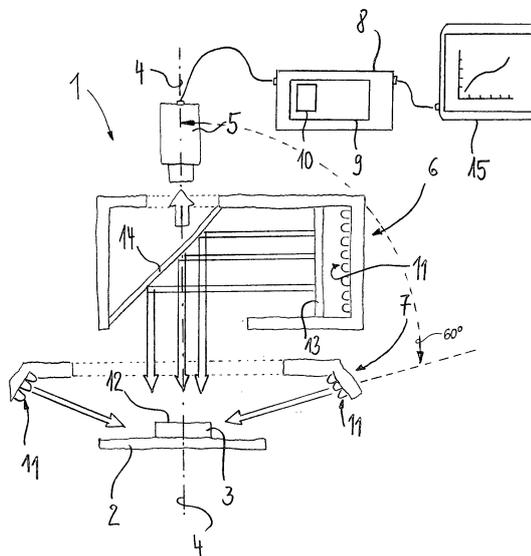
(57) Hauptanspruch: Vorrichtung zur optischen Analyse der Struktur einer Probe eines porigen Werkstoffes,

– mit zumindest einer Kamera zum Aufnehmen wenigstens eines ersten Bildes eines Oberflächenbereiches der Probe und wenigstens eines zweiten Bildes des Oberflächenbereiches der Probe,

– mit einer ersten, bei dem Aufnehmen des wenigstens einen ersten Bildes anwendbaren Beleuchtungsanordnung,

– mit einer von der ersten Beleuchtungsanordnung verschiedenen zweiten, bei dem Aufnehmen des wenigstens einen zweiten Bildes anwendbaren Beleuchtungsanordnung, und

– mit einem Rechner, ausgebildet zum Einlesen der Bildinformationen des wenigstens einen ersten Bildes und des wenigstens einen zweiten Bildes und weiter ausgebildet zum Analysieren der Probenstruktur durch Auswerten der eingelesenen Bildinformationen.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur optischen Analyse der Struktur einer Probe eines porigen Werkstoffes. Darüber hinaus betrifft die Erfindung einen Datenträger mit einem darauf gespeicherten Computerprogramm zur Ausführung eines entsprechenden Verfahrens.

[0002] Porige Werkstoffe (z. B. Schaumkunststoffe, wie Polyurethan (PUR), keramische Filter, Metallschäume etc.) werden in vielfältigen industriellen Anwendungen eingesetzt. Die Porenstrukturen haben dabei einen direkten Einfluß auf die Materialeigenschaften, z. B. die Isolationseigenschaften von Dämmmaterialien. Durch die detaillierte Kenntnis der Porenstruktur kann bei der Herstellung der porigen Werkstoffe eine Optimierung der relevanten Materialparameter (z. B. Wärmeleitfähigkeit oder Federsteifigkeit) erreicht werden, was zu einer Materialersparnis beim Einsatz der Werkstoffe führt und insgesamt die Anwendungskosten solcher Werkstoffe verringert.

[0003] Aus dem Stand der Technik sind Verfahren zur optischen Analyse der Struktur poriger Werkstoffe bekannt. Dabei werden mit Hilfe einer Kamera Bilder einer planen Oberfläche einer Probe des zu untersuchenden Werkstoffes aufgenommen. Damit die Kamera die Porenstruktur sicher erkennt, ist es erforderlich, einen möglichst guten Kontrast zwischen den Poren einerseits und den zwischen den Poren angeordneten Stegen (d. h. der Materialmatrix) andererseits herzustellen. Da insbesondere bei der Anwendung einer Auflichtbeleuchtung die Stege stärker ausgeleuchtet werden als die tiefer liegenden Zellen, ist vor dem Aufnehmen von auswertbaren Bildern das Aufbringen eines speziell dafür geeigneten Kontrastmittels erforderlich (beispielsweise schwarze Farbe). Um den gewünschten Effekt zu erzielen, erfolgt das Aufbringen des Kontrastmittels unter Druck, zumeist mit Hilfe eines Druckluftkompressor. Um das Aufbringen des Kontrastmittels auf die zu untersuchende Oberfläche zu begrenzen und eine Verschmutzung der Umgebung durch das Kontrastmittel zu vermeiden bzw. um eine im Zuge des Aufbringens erfolgte Verschmutzung zu beseitigen, ist der aufwendige Einsatz von Hilfsmitteln erforderlich.

[0004] Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine optische Analyse der Struktur einer Probe eines porigen Werkstoffes ohne Verwendung eines Kontrastmittels zu ermöglichen.

[0005] Diese Aufgabe wird durch ein Vorrichtung nach Anspruch 1 bzw. durch einen Datenträger mit einem darauf gespeicherten Computerprogramm nach Anspruch 9 gelöst.

[0006] Die erfindungsgemäße Vorrichtung umfaßt

zumindest eine Kamera zum Aufnehmen wenigstens eines ersten Bildes eines Oberflächenbereiches der Probe und wenigstens eines zweiten Bildes des Oberflächenbereiches der Probe, eine erste, bei dem Aufnehmen des wenigstens einen ersten Bildes anwendbare Beleuchtungsanordnung, eine von der ersten Beleuchtungsanordnung verschiedene zweite, bei dem Aufnehmen des wenigstens einen zweiten Bildes anwendbare Beleuchtungsanordnung, und einen Rechner, ausgebildet zum Einlesen der Bildinformationen des wenigstens einen ersten Bildes und des wenigstens einen zweiten Bildes und weiter ausgebildet zum Analysieren der Probenstruktur durch Auswerten der eingelesenen Bildinformationen.

[0007] Das erfindungsgemäß auf einem Datenträger gespeicherte Computerprogramm umfaßt Rechenbefehle zur Ausführung des folgenden Verfahrens zur optischen Analyse der Struktur einer Probe eines porigen Werkstoffes, wenn das Programm auf einem Rechner ausgeführt wird: Aufnehmen wenigstens eines ersten Bildes eines Oberflächenbereiches der Probe bei Anwendung einer ersten Beleuchtungsanordnung, Aufnehmen wenigstens eines zweiten Bildes des Oberflächenbereiches der Probe bei Anwendung einer von der ersten Beleuchtungsanordnung verschiedenen zweiten Beleuchtungsanordnung, Einlesen der Bildinformationen des wenigstens einen ersten Bildes und des wenigstens einen zweiten Bildes in einen Rechner, Analysieren der Probenstruktur durch Auswerten der eingelesenen Bildinformationen in dem Rechner.

[0008] Eine Kernidee der Erfindung ist es, die für eine Bewertbarkeit der Probe erforderlichen Bildinformationen ohne das Aufbringen eines Kontrastmittels zu erlangen, nämlich durch das Auswerten von Bildern, die unter Anwendung unterschiedlicher Beleuchtungsanordnungen aufgenommen wurden. Dabei kann es sich um Einzelbilder (also ein erste Bild und ein zweites Bild) oder um Bilderserien (also z. B. jeweils sechs erste und sechs zweite Bilder) handeln.

[0009] Damit wird eine Analysetechnologie geschaffen, die eine qualitativ hochwertige Porenstrukturanalyse ohne die Verwendung eines Kontrastmittels ermöglicht. Damit kann die Analyse gefahrloser, schneller und wegen des Verzichts auf aufwendige Hilfsmittel auch flexibler durchgeführt werden.

[0010] Die Porenstrukturanalyse erfolgt vorzugsweise automatisch durch Auswertung von Bildinformationen mit Hilfe eines Rechners, beispielsweise eines herkömmlichen Personalcomputers unter Verwendung eines geeigneten Computerprogramms. Die Porenanalyse umfaßt dabei beispielsweise die Ermittlung der Porenanzahl auf einer definierten Strecke (z. B. der ppi-Wert gemessen in „pores per inch“), des Flächenanteils, der Porendichte, der Zelldichte (Porosität), der Porengrößenverteilung (Po-

rendurchmesserverteilung sowie Porenflächenverteilung), der Anisotropie, der Anzahl der Trennungen (Geschlossenheit), der Rundheit der Poren (Heywood Faktor) und der Orientierung der Poren zur Produktionsrichtung. Die Ausgabe der Ergebnisse erfolgt üblicherweise in Form von Tabellen, Histogrammen und dergleichen.

[0011] Die vorliegende Erfindung ist besonders vorteilhaft einsetzbar bei der Vermessung von Porenstrukturen zelliger Schaumkunststoffe.

[0012] Vorteilhafte Ausführungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0013] Besonders gute Ergebnisse werden erzielt, wenn nach dem Einlesen und vor dem Auswerten der Bildinformationen ein Vorverarbeiten der Bildinformationen erfolgt, das ein Zusammenfassen der Bildinformationen des wenigstens einen ersten Bildes mit den Bildinformationen des wenigstens einen zweiten Bildes zu einem der Analyse der Probenstruktur zugrundeliegenden Gesamtbild umfaßt. Mit anderen Worten werden mit Hilfe des Rechners aus den aufgenommenen ersten und zweiten Einzelbildern bzw. den ersten und zweiten Bilderserien ein oder mehrere Gesamtbilder errechnet, anhand derer dann die Porenstrukturanalyse erfolgt.

[0014] Die Bilder werden vorzugsweise bei Anwendung von zwei Beleuchtungsanordnungen aus der folgenden Liste aufgenommen: direkte Beleuchtung, Dunkelfeldbeleuchtung, Flachringbeleuchtung, Gegenlichtbeleuchtung, Koaxialbeleuchtung, Kuppelbeleuchtung. Als ganz besonders vorteilhaft hat sich eine Ausführungsform der Erfindung erwiesen, bei der die Bilder einerseits bei Anwendung einer Dunkelfeldbeleuchtung und andererseits bei Anwendung einer Koaxialbeleuchtung aufgenommen werden. Die Koaxialbeleuchtung eignet sich besonders für stark reflektierende Oberflächen sowie durchsichtige Probenoberflächen. Vorzugsweise wird eine koaxiale Beleuchtung vom Kastentyp eingesetzt, wobei beinahe jede Maschinenlinse benutzt werden kann. Die Wahl dieser Kombination (Koaxialbeleuchtung und Dunkelfeldbeleuchtung) hat sich gegenüber anderen Kombinationen als besonders vorteilhaft erwiesen, da sich der Informationsgehalt der aufgenommenen Bilder für die hier benötigten Zwecke besonders vorteilhaft ergänzt.

[0015] Vorteilhaft für die Erzielung eines besonders deutlichen Kontrastes zwischen Poren und Stegen ist es darüber hinaus, wenn das Aufnehmen des wenigstens einen ersten Bildes und das Aufnehmen des wenigstens einen zweiten Bildes mit unterschiedlichen Lichtfarben erfolgt. Besonders bewährt hat sich dabei die Farbkombinationen rot/grün.

[0016] Erfolgt das Aufnehmen des wenigstens ei-

nen ersten Bildes und/oder das Aufnehmen des wenigstens einen zweiten Bildes bei Anwendung wenigstens eines optischen Filters, kann der gewünschte Kontrast zwischen Poren und Stegen weiter erhöht werden. Als Filter kommen dabei u.a. Polarisationsfilter, Sperrfilter und Bandpaßfilter zum Einsatz. Der Einsatz von Bandpaßfiltern ist besonders vorteilhaft, weil dadurch verschiedene Lichtfarben separiert werden können.

[0017] Die zur Analyse zur Verfügung stehenden Bildinformationen können optimiert werden, wenn zwischen dem Aufnehmen des wenigstens einen ersten Bildes und dem Aufnehmen des wenigstens einen zweiten Bildes und/oder zwischen dem Aufnehmen einzelner Bilder beim Aufnehmen erster und/oder zweiter Bilderserien die Lage wenigstens einer der Beleuchtungsanordnungen gegenüber der Probe verändert wird. So ist es beispielsweise möglich, den Winkel der Beleuchtungsanordnung für die Dunkelfeldbeleuchtung zur optischen Achse zwischen 30° und 90° zu variieren. Hierdurch wird eine besonders flexible Meßanordnung erreicht, bei der die verschiedenen Eigenschaften unterschiedlicher Materialproben besonders gut berücksichtigt werden können.

[0018] Die zur Analyse zur Verfügung stehenden Bildinformationen können darüber hinaus optimiert werden, wenn zwischen dem Aufnehmen des wenigstens einen ersten Bildes und dem Aufnehmen des wenigstens einen zweiten Bildes und/oder zwischen dem Aufnehmen einzelner Bilder beim Aufnehmen erster und/oder zweiter Bilderserien die Position der Probe zu einer zum Aufnehmen der Bilder vorgesehenen Kamera und/oder die Position der Kamera zu der Probe verändert wird. So ist es beispielsweise möglich, die verschiedenen Bilder des Oberflächenbereiches der Probe aus unterschiedlichen Winkeln aufzunehmen. Besonders einfach ist dies möglich, wenn die Probe zwischen dem Aufnehmen des wenigstens einen ersten Bildes und dem Aufnehmen des wenigstens einen zweiten Bildes um die optische Achse gedreht wird.

[0019] Werden keine Einzelbilder, sondern Bilderserien aufgenommen, dann ist es von Vorteil, wenn die einzelnen Bilder einer Bilderserie mit unterschiedlichen Beleuchtungsparametern aufgenommen werden. So können beispielsweise alle Bilder einer Bilderserie mit einer bestimmten Lichtfarbe und einem bestimmten Filter, jedoch unterschiedlichen Positionen zur Kamera aufgenommen werden; oder alle Bilder einer Bilderserie werden bei identischer Position zur Kamera und Filter, jedoch mit unterschiedlichen Lichtfarben aufgenommen, etc. Darüber hinaus können alle oben beschriebenen Ausführungsformen in Abhängigkeit von der Meßaufgabe einzeln oder in Kombination miteinander angewendet bzw. variiert werden. Die verschiedenen Beleuchtungspara-

parameter etc. werden dabei vorzugsweise automatisch mit Hilfe einer auf dem Rechner ablaufenden Steuerungssoftware eingestellt. Beispielsweise kann die Steuerungssoftware einen elektrischen Antrieb ansteuern, der dazu dient, den Probenträger zwischen einzelnen Aufnahmen zu drehen.

[0020] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnungen näher erläutert. Hierbei zeigt die einzige Figur eine Darstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung, wobei die Erfindung lediglich schematisch und mit ihren wesentlichen Bestandteilen abgebildet ist.

[0021] Die erfindungsgemäße Vorrichtung **1** umfaßt eine auf einem Probenträger **2** angeordnete Probe **3** des zu untersuchenden Schaumstoffmaterials, eine senkrecht über der Probe **3** angeordnete und die optische Achse **4** des Versuchssystems definierende Kamera **5**, eine Koaxialbeleuchtung **6** als erste Beleuchtungsanordnung, eine Dunkelfeldbeleuchtung **7** als zweite Beleuchtungsanordnung und einen Rechner **8** in Form eines Personalcomputers, mit einer Prozessoreinheit **9** ausgebildet zum Ausführen eines erfindungsgemäßen Computerprogramms **10** mit Rechenbefehlen zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0022] Die Dunkelfeldbeleuchtung **7** erfolgt durch ringförmig angeordnete LEDs **11**, die den Oberflächenbereich **12** der Probe **3** aus einem sehr geringen Winkel (hier 60° , bezogen auf die senkrechte optische Achse) beleuchten. Der Winkel zur optischen Achse **4** kann in dieser Ausführungsform bis 90° (horizontale Ausleuchtung) variiert werden.

[0023] Im vorliegenden Fall wird eine telezentrische Koaxialbeleuchtung **6** mit LEDs **11** eingesetzt. Die Koaxialbeleuchtung **6** umfaßt darüber hinaus eine Diffusorscheibe **13** und einen nicht reflektierenden Halbspiegel **14**, die in dem Fachmann bekannter Art und Weise angeordnet sind.

[0024] Die Kamera **5**, beispielsweise eine Kamera mit CCD-Sensor, dient zum Aufnehmen einer ersten Bilderserie des planen Oberflächenbereiches **12** der Probe **3** des zu untersuchenden Werkstoffes und einer zweiten Bilderserie des Oberflächenbereiches **12** der Probe **3**. Die Kamera **5** kann mit einem Makroobjektiv ausgestattet oder mit einem Mikroskop (nicht dargestellt) verbunden sein.

[0025] Das Verfahren läuft wie folgt ab: Zunächst wird die Koaxialbeleuchtung **6** eingeschaltet. Dann wird mit der Kamera **5** eine erste Serie von Bildern des Oberflächenbereiches **12** aufgenommen. Im Anschluß daran wird die Koaxialbeleuchtung **6** abgeschaltet und die Dunkelfeldbeleuchtung **7** eingeschaltet. Dann wird mit der Kamera **5** eine zweite Serie von Bildern des Oberflächenbereiches **12** aufge-

nommen. Die Steuerung der Beleuchtungsanordnungen **6**, **7** sowie der Kamera **5** erfolgt automatisch über eine auf dem Rechner **8** ablaufende Steuerungssoftware, auf die an dieser Stelle jedoch nicht weiter eingegangen wird.

[0026] Bei den einzelnen Aufnahmen zu der ersten und zweiten Bilderserie bleiben Lichtfarbe und Filtereinsatz unverändert. Jedoch wird für jedes Einzelbild einer Bilderserie der Winkel der Dunkelfeldbeleuchtung **7** zur optischen Achse **4** variiert. Insgesamt werden in jeder Bilderserie fünf Bilder mit folgenden Winkeln aufgenommen: 30° , 45° , 60° , 65° und 90° .

[0027] Nach dem Aufnehmen der Bilder werden beide Bilderserien in den Rechner **8** eingelesen. Dann erfolgt mit Hilfe des erfindungsgemäßen Computerprogramms **10** eine Vorverarbeitung, bei der zunächst die Bildinformationen der Bilder der ersten Bilderserie zu einem ersten Zwischenbild und die Bildinformationen der Bilder der zweiten Bilderserie zu einem zweiten Zwischenbild rechnerisch zusammengefaßt werden. Dies erfolgt mit Hilfe mathematischer Operationen (wie beispielsweise „und“, „oder“, „*“, „+“, „-“). Die Zwischenbilder enthalten dann Bildinformationen aus vorzugsweise allen Einzelbildern der entsprechenden Bilderserie. Sodann erfolgt mit Hilfe des erfindungsgemäßen Computerprogramms **10** ein Zusammenfassen der beiden Zwischenbilder der ersten und zweiten Bilderserie zu einem Gesamtbild, welches der Analyse zugrunde liegt.

[0028] Anschließend wird mit Hilfe des erfindungsgemäßen Computerprogramms **10** die Porenstruktur der Probe **3** durch Auswerten des Gesamtbildes, also einer Kombination aller relevanten Bildinformationen, analysiert. Es erfolgt u.a. eine Auswertung und Darstellung der zu ermittelnden Eigenschaften des Schaumstoffmaterials durch Anwendung spezieller Bildverarbeitungsalgorithmen, beispielsweise der Wasserscheidentransformation. Diese Porenstrukturanalyse erfolgt automatisch und umfaßt u.a. die Ermittlung von Porenanzahl (ppi), Flächenanteil, Porendichte, Zelldichte (Porosität), Porengrößenverteilung (Porendurchmesser- sowie Porenflächenverteilung), Anisotropie, Anzahl der Trennungen (Geschlossenzelligkeit), Rundheit der Poren (Heywood Faktor) und Orientierung der Poren zur Produktionsrichtung. Abschließend erfolgt eine Speicherung der Ergebnisse in dem Rechner **8** und/oder eine Ausgabe der Ergebnisse an einem mit dem Rechner verbundenen Ausgabegerät, beispielsweise einem Bildschirm **15** oder Drucker.

[0029] Anstelle der hier verwendeten Kombination von Koaxialbeleuchtung und Dunkelfeldbeleuchtung können je nach Meßaufgabe auch anderen Beleuchtungsanordnungen zur Anwendung kommen.

[0030] Eine direkte Beleuchtung, vorzugsweise mit

LEDs oder Röhrenblitzgeräten, sorgt dabei für ein sehr helles und konzentrisches Licht. Die Probe wird dabei direkt mit zur optischen Achse geschlossenem Licht erleuchtet. Die direkte Beleuchtung ist geeignet für nicht reflektierende Oberfläche.

[0031] Eine Flachringbeleuchtung benutzt eine besonders feine Mattscheibe, um ein stark indirekt beleuchtetes homogenes Feld zu erzeugen. Der Einsatz flacher Ringbeleuchtungsgeräte ist besonders bei stark reflektierenden Proben sinnvoll, wo ungewünschte Reflexionen ein Problem darstellen. Auch hier können Röhrenblitzgeräte eingesetzt werden.

[0032] Eine Gegenlichtbeleuchtung ermöglicht die Erfassung dünner Materialproben. Eine Kuppelbeleuchtung kann bei der Ausleuchtung kugelförmiger und konvexer Proben verwendet werden und sorgt für diffuses und homogenes Licht ohne Reflexionen.

[0033] Hinsichtlich des erfindungsgemäßen Computerprogramms **10** ist hervorzuheben, daß die Erfindung entweder in Form von Computerhardware oder in Form von Computersoftware oder in einer Kombination aus Hardware und Software verwirklicht werden kann. Soweit die Erfindung in Form von Software, also als Computerprogrammprodukt, verwirklicht ist, werden sämtliche zuvor beschriebenen Funktionen durch Computerprogrammanweisungen realisiert, wenn das Computerprogramm auf einem Rechner **8** mit einem Prozessor **9** ausgeführt wird. Die Computerprogrammanweisungen sind dabei auf an sich bekannte Art und Weise in einer beliebigen Programmiersprache verwirklicht und können dem Rechner **8** in beliebiger Form bereitgestellt werden, beispielsweise in Form von Datenpaketen, die über ein Rechnernetz übertragen werden, oder in Form eines auf einer Diskette, einer CD-ROM oder einem anderen Datenträger gespeicherten Computerprogrammprodukts.

[0034] Alle in der Beschreibung, den nachfolgenden Ansprüchen und der Zeichnung dargestellten Merkmale können sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination miteinander erfindungswesentlich sein.

Bezugszeichenliste

1	Vorrichtung
2	Probenträger
3	Probe
4	Optische Achse
5	Kamera
6	Koaxialbeleuchtung
7	Dunkelfeldbeleuchtung
8	Rechner

9	Prozessor
10	Computerprogramm
11	LED
12	Oberflächenbereich
13	Diffusorscheibe
14	Halbspiegel
15	Bildschirm

Schutzansprüche

1. Vorrichtung zur optischen Analyse der Struktur einer Probe eines porigen Werkstoffes,
 – mit zumindest einer Kamera zum Aufnehmen wenigstens eines ersten Bildes eines Oberflächenbereiches der Probe und wenigstens eines zweiten Bildes des Oberflächenbereiches der Probe,
 – mit einer ersten, bei dem Aufnehmen des wenigstens einen ersten Bildes anwendbaren Beleuchtungsanordnung,
 – mit einer von der ersten Beleuchtungsanordnung verschiedenen zweiten, bei dem Aufnehmen des wenigstens einen zweiten Bildes anwendbaren Beleuchtungsanordnung, und
 – mit einem Rechner, ausgebildet zum Einlesen der Bildinformationen des wenigstens einen ersten Bildes und des wenigstens einen zweiten Bildes und weiter ausgebildet zum Analysieren der Probenstruktur durch Auswerten der eingelesenen Bildinformationen.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei der Rechner derart ausgebildet ist, daß nach dem Einlesen und vor dem Auswerten der Bildinformationen ein Vorverarbeiten der Bildinformationen erfolgt, das ein Zusammenfassen der Bildinformationen des wenigstens einen ersten Bildes mit den Bildinformationen des wenigstens einen zweiten Bildes zu einem der Analyse der Probenstruktur zugrundeliegenden Gesamtbild umfaßt.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Beleuchtungsanordnungen derart ausgebildet sind, daß die Bilder bei Anwendung von zwei Beleuchtungsanordnungen aus der folgenden Liste aufgenommen werden: direkte Beleuchtung, Dunkelfeldbeleuchtung, Flachringbeleuchtung, Gegenlichtbeleuchtung, Koaxialbeleuchtung, Kuppelbeleuchtung.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, wobei die Beleuchtungsanordnungen derart ausgebildet sind, daß die Bilder einerseits bei Anwendung einer Dunkelfeldbeleuchtung und andererseits bei Anwendung einer Koaxialbeleuchtung aufgenommen werden.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Beleuchtungsanordnungen derart ausgebildet sind, daß das Aufnehmen des wenigstens einen ersten Bildes und das Aufnehmen des wenigstens einen zweiten Bildes mit unterschiedlichen Lichtfarben erfolgt.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Beleuchtungsanordnungen derart ausgebildet sind, daß das Aufnehmen des wenigstens einen ersten Bildes und/oder das Aufnehmen des wenigstens einen zweiten Bildes bei Anwendung wenigstens eines optischen Filters erfolgt.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei zwischen dem Aufnehmen des wenigstens einen ersten Bildes und dem Aufnehmen des wenigstens einen zweiten Bildes und/oder zwischen dem Aufnehmen einzelner Bilder beim Aufnehmen erster und/oder zweiter Bilderserien die Lage wenigstens einer der Beleuchtungsanordnungen gegenüber der Probe veränderbar ist.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei zwischen dem Aufnehmen des wenigstens einen ersten Bildes und dem Aufnehmen des wenigstens einen zweiten Bildes und/oder zwischen dem Aufnehmen einzelner Bilder beim Aufnehmen erster und/oder zweiter Bilderserien die Lage der Probe zu einer zum Aufnehmen der Bilder vorgesehenen Kamera und/oder die Lage der Kamera zu der Probe veränderbar ist.

9. Datenträger mit einem darauf gespeicherten Computerprogramm zur optischen Analyse der Struktur einer Probe eines porigen Werkstoffes, wobei das Computerprogramm Rechenbefehle zur Ausführung eines Verfahrens mit den folgenden Schritten umfaßt, wenn das Programm auf einem Rechner ausgeführt wird:

- Aufnehmen wenigstens eines ersten Bildes eines Oberflächenbereiches der Probe bei Anwendung einer ersten Beleuchtungsanordnung,
- Aufnehmen wenigstens eines zweiten Bildes des Oberflächenbereiches der Probe bei Anwendung einer von der ersten Beleuchtungsanordnung verschiedenen zweiten Beleuchtungsanordnung,
- Einlesen der Bildinformationen des wenigstens einen ersten Bildes und des wenigstens einen zweiten Bildes in einen Rechner,
- Analysieren der Probenstruktur durch Auswerten der eingelesenen Bildinformationen in dem Rechner.

10. Datenträger nach Anspruch 9, wobei das Computerprogramm Rechenbefehle zum Vorverarbeiten der Bildinformationen umfaßt derart, daß nach dem Einlesen und vor dem Auswerten der Bildinformationen ein Zusammenfassen der Bildinformationen des wenigstens einen ersten Bildes mit den Bildinformationen des wenigstens einen zweiten Bildes zu einem der Analyse der Probenstruktur zugrundeliegenden Gesamtbild erfolgt, wenn das Programm auf einem Rechner ausgeführt wird.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

