



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2022 205 760.0**

(22) Anmeldetag: **07.06.2022**

(43) Offenlegungstag: **07.12.2023**

(51) Int Cl.: **G01B 11/24 (2006.01)**

**G01N 21/88 (2006.01)**

**G01N 21/95 (2006.01)**

(71) Anmelder:  
**Körber Technologies GmbH, 21033 Hamburg, DE**

(74) Vertreter:  
**Müller Verweyen Patentanwälte Partnerschaft  
mbB, 22763 Hamburg, DE**

(72) Erfinder:  
**Baron, Denis, 21465 Reinbek, DE; El Jarad,  
Akram, 21423 Winsen, DE; Gast, Hanno, 21256  
Handeloh, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

US	9 683 944	B2
US	9 903 710	B2
US	5 365 084	A
EP	1 742 041	B1

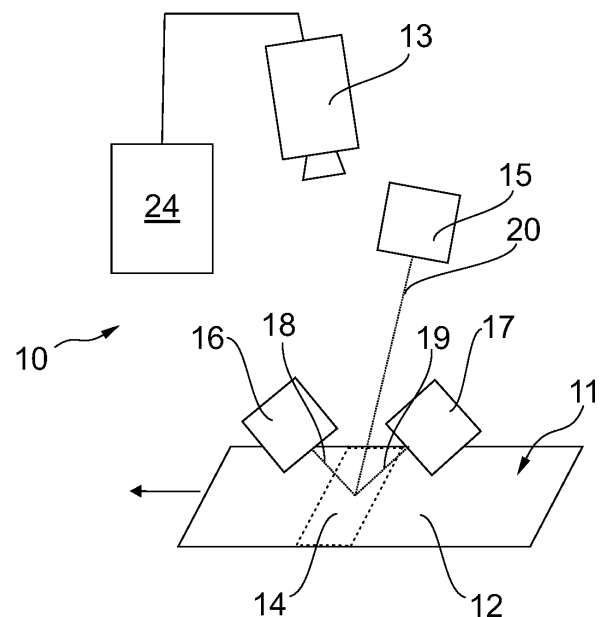
**NeuroCheck: Benutzer-Handbuch, Version 6.0  
(2011), Seiten 1 bis 9, Seiten 96 bis 97, Seiten 130  
bis 132 – Firmenschrift**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

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

(54) Bezeichnung: **Kamerasystem zur optischen Inspektion und Inspektionsverfahren**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Kamerasystem (10) zur optischen Inspektion der Oberfläche (11) eines Elements (12) einer Energiezelle, insbesondere einer Batterie, mit mindestens einer Bilderfassungsvorrichtung (13), welche dazu eingerichtet ist, einen Oberflächenabschnitt (14) eines relativ zur Bilderfassungsvorrichtung (13) geförderten Elements (12) zu erfassen. Es sind wenigstens zwei Lichtquellen (15, 16, 17) vorgesehen, deren Licht aus unterschiedlichen Beleuchtungsrichtungen (18, 19, 20) auf den Oberflächenabschnitt (14) des geförderten Elements (12) einfällt. Der Oberflächenabschnitt (14) ist mit wenigstens zwei unterschiedlichen Bildern (21, 22), welche jeweils unterschiedlichen Beleuchtungsrichtungen (18, 19, 20) zugeordnet sind, von der mindestens einen Bilderfassungsvorrichtung (13) erfassbar. Eine Datenverarbeitungseinheit (24) ist vorgesehen, welche dazu eingerichtet ist, die erfassten, unterschiedlichen Bilder (21, 22) zu einem Kombinationsbild (23) zu verarbeiten und das Kombinationsbild (23) auszugeben. Weiterhin betrifft die Erfindung ein korrespondierendes Inspektionsverfahren.



## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Kamerasystem zur optischen Inspektion der Oberfläche eines Elements einer Energiezelle, insbesondere einer Batterie, nach dem Oberbegriff von Anspruch 1 sowie ein korrespondierendes Inspektionsverfahren zur optischen Inspektion der Oberfläche eines Elements einer Energiezelle, insbesondere einer Batterie, mit einem solchen Kamerasystem nach dem Oberbegriff von Anspruch 10.

**[0002]** Energiezellen oder auch Energiespeicher im Sinne der Erfindung werden z.B. in Kraftfahrzeugen, sonstigen Landfahrzeugen, Schiffen, Flugzeugen oder auch in stationären Speicheranlagen in Form von Batteriezellen oder Brennstoffzellen verwendet, bei denen sehr große Energiemengen über größere Zeiträume gespeichert werden müssen.

**[0003]** Für die Bereitstellung einer ausreichenden Menge an Energiezellen, insbesondere Batteriezellen, sind massentaugliche Fertigungstechnologien mit hohen Produktionsgeschwindigkeiten erforderlich. Die hohen Produktionsgeschwindigkeiten und die Nutzung von kontinuierlichen Produktionsprozessen stellt zusammen mit hohen Qualitätsanforderungen eine Herausforderung für eine inline Inspektion von Zwischenprodukten von Energiezellen dar. Für eine hohe Qualität des Endprodukts ist unter anderem vorteilhaft die Oberflächen eines Zwischenprodukts, beispielsweise ein Anoden- oder Kathodenblatt vor dem Stapeln, Falten oder Rollen zu einer Energiezelle, insbesondere Batteriezelle, auf Fehler zu prüfen. Derartige Fehler der Oberfläche können Partikel oder Risse sein. Weiterhin können derartige Fehler insbesondere bei einem aktiven Material eine Energiezelle oder Batterie, d.h. bei Anoden- oder Kathodenmaterial, auf einer Leiterfolie generelle Kantenqualität betreffen. Bei den unerwünschten Partikeln auf der Oberfläche eines Zwischenprodukts oder Elements einer Energiezelle kann es sich vor allem um Partikel aus Material handeln, aus welchem auch die Oberfläche besteht, was eine Unterscheidung der Partikel von der Oberfläche auf Basis der Farbe verhindert. Weiterhin weisen typische Anoden- und Kathodenmaterialien, z.B. NMC, LFP oder Graphit, sehr dunkle Farben auf, so dass sich nur ein geringer Helligkeitskontrast der Partikel auf der Oberfläche ergibt. Die Inspektion der Oberfläche auf Partikel ab einer Größe von 50 µm, dementsprechend in Regel mit einer Auflösung von 10 µm bis 15 µm, in Kombination mit hohen Fördergeschwindigkeiten stellt zusammen mit den optischen Eigenschaften der Materialien sehr hohe Anforderungen an ein Kamerasystem zur optischen Inspektion der Oberfläche eines Elements einer Energiezelle, insbesondere einer Li-Ionen Batterie.

**[0004]** Vor diesem Hintergrund liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde ein Kamerasystem zur optischen Inspektion der Oberfläche eines Elements einer Energiezelle, insbesondere einer Batterie, und ein entsprechendes Inspektionsverfahren anzugeben, welches die genannten Anforderungen erreichen kann.

**[0005]** Die Erfindung löst diese Aufgabe mit den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche. Weitere bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung sind den Unteransprüchen und den zugehörigen Beschreibungen und Zeichnungen zu entnehmen.

**[0006]** Zur Lösung der Aufgabe wird ein Kamerasystem zur optischen Inspektion der Oberfläche eines Elements einer Energiezelle, insbesondere einer Batterie, mit mindestens einer Bilderfassungsvorrichtung vorgeschlagen, welche dazu eingerichtet ist, einen Oberflächenabschnitt eines relativ zur Bilderfassungsvorrichtung geförderten Elements zu erfassen. Es sind wenigstens zwei Lichtquellen vorgesehen, deren Licht aus unterschiedlichen Beleuchtungsrichtungen auf den Oberflächenabschnitt des geförderten Elements einfällt. Der Oberflächenabschnitt ist mit wenigstens zwei unterschiedlichen Bildern, welche jeweils unterschiedlichen, vorzugsweise jeweils einer der, Beleuchtungsrichtungen zugeordnet sind, von der mindestens einen Bilderfassungsvorrichtung erfassbar. Eine Datenverarbeitungseinheit ist vorgesehen, welche dazu eingerichtet ist, die erfassten, unterschiedlichen Bilder zu einem Kombinationsbild zu verarbeiten, und das Kombinationsbild auszugeben.

**[0007]** Mit einem derartigen Kamerasystem kann eine Art dreidimensionale Information der Oberflächenfehler, insbesondere von Partikeln auf der zu inspizierenden Oberfläche, in dem Kombinationsbild erfasst werden. Es kann hierbei insbesondere eine Sensitivität in Bezug auf Teile der Partikeloberfläche erreicht werden, welche in einem günstigen Reflektionswinkel, beispielsweise der Steigung, der jeweiligen Lichtquelle zur Bilderfassungsvorrichtung stehen. Durch die Kombination von mehreren Bildern des gleichen Oberflächenabschnitts und somit vorzugsweise auch der Oberflächenfehler, beispielsweise der gleichen Partikel auf diesem Oberflächenabschnitt, mit jeweils unterschiedlichen Belichtungsrichtungen können derartige Fehler oder Partikel im Kombinationsbild erkennbar und in ihre Größe abschätzbar werden. Im Kombinationsbild sind die Partikel daher nicht in jedem Fall vollständig wiedergegeben, es kann sich vielmehr um die Repräsentation von mehreren Teilflächen der Partikel handeln, welche jedoch eine ausreichende Detektion von Partikeln erlauben. Es können somit Partikel auf den typischen, extrem dunklen Materialien mit der geringen möglichen Belichtungszeit aufgrund der hohen Fördergeschwindigkeiten im Kombina-

tionsbild erfassbar gemacht werden. Die Erfassung kann in vorteilhaften Ausführungsbeispielen durch eine automatisierte Bildauswertung des Kombinationsbilds erfolgen.

**[0008]** Im Kombinationsbild sind die wenigstens zwei unterschiedlichen Bilder, welche jeweils einer der Beleuchtungsrichtungen zugeordnet sind, vorzugsweise miteinander verrechnet, weiter vorzugsweise pixelgenau miteinander verrechnet. Eine pixelgenaue Verrechnung oder Verarbeitung kann insbesondere mit einem Kamerasystem erreicht werden, welches die wenigstens zwei unterschiedlichen Bilder mit jeweils einer der Beleuchtungsrichtungen des gleichen Oberflächenabschnitts mit dem gleichen Sensor oder Sensorchip erfasst.

**[0009]** Bei den Beleuchtungsrichtungen kann es sich in möglichen Ausführungsformen um eine Kombination mehrerer Richtungen und/oder Quellen handeln, solange verschiedene Beleuchtungsszenarien mit jeweils unterschiedlichen Beleuchtungsrichtungen insgesamt erreicht werden, die unterschiedlichen Bilder des gleichen Oberflächenabschnitts zugeordnet werden können.

**[0010]** Bei dem Element einer Energiezelle, insbesondere einer Batteriezelle, handelt es sich vorzugsweise um ein flächiges Vor- oder Zwischenprodukt einer solchen Zelle. Das Element kann beispielsweise eine mit Anodenmaterial, z.B. Graphit, beschichtete Leiterfolie, eine mit Kathodenmaterial, z.B. NMC (Lithium-Nickel-Mangan-Cobalt-Oxide), beschichtete Leiterfolie oder eine Separatorfolie sein. Ferner kann es sich bei dem Element um eine Bahn, beispielsweise eine Elektrodenbahn, insbesondere eine Anoden- oder Kathodenbahn, oder eine Separatorbahn handeln. Vorzugsweise ist das Element eine endlose Bahnware. Alternativ kann es sich bei dem Element beispielsweise um ein vereinzelttes Elektrodenblatt handeln, welches nicht als Bahnware gefördert wird. Das Element wird vorzugsweise kontinuierlich gefördert.

**[0011]** Weiterhin ist das Kamerasystem vorzugsweise für die Inspektion eines Oberflächenabschnitts auf einer Seite eines flächigen Elements eingerichtet. In möglichen Ausführungsbeispielen ist das Kamerasystem für eine beidseitige Inspektion eingerichtet, so dass Oberflächenabschnitte auf beiden Seiten des flächigen Elements einer Energie- oder Batteriezelle inspiziert werden können.

**[0012]** Das Kamerasystem ist dazu eingerichtet, vorzugsweise die gesamte Oberfläche eines aktiven Materials eines Elements zu inspizieren. Es können daher eine Vielzahl von Oberflächenabschnitten in zeitlicher Abfolge entsprechend der, insbesondere kontinuierlichen, Förderung des Elements relativ zum Kamerasystem und zur Bilderfassungsvorrich-

tung inspiziert oder überprüft werden. Die erfassten Oberflächenabschnitte grenzen vorzugsweise aneinander, so dass eine optimale Effizienz des Kamerasystems erreicht werden kann. In möglichen alternativen Ausführungsformen überlappen die erfassten Oberflächenabschnitte.

**[0013]** Ein Bild mit einer zugeordneten Beleuchtungsrichtung kann auch einem Teilbild von einer Teilfläche eines Sensors oder einem Teilbild von einer Bildaufnahme (frame) entsprechen.

**[0014]** Gemäß einer Weiterentwicklung wird vorgeschlagen, dass die wenigstens zwei Lichtquellen jeweils unterschiedliche Lichtfarben aufweisen.

**[0015]** Unterschiedliche Lichtfarben der jeweiligen Lichtquellen, welche mit unterschiedlichen Beleuchtungsrichtungen Licht auf den Oberflächenabschnitt werfen, ermöglichen eine technisch einfache Zuordnung eines Bildes zu einer entsprechenden Beleuchtungsrichtung. Unterschiedliche Lichtfarben ergeben sich durch unterschiedliche Emissionsspektren der Lichtquellen. Eine Lichtquelle mit einer Beleuchtungsrichtung kann beispielsweise auch aus einer Anordnung von mehreren Leuchtdioden bestehen. Eine derartige Zuordnung kann beispielsweise über die spektrale Empfindlichkeit der Bilderfassungsvorrichtung oder Teilen davon erreicht werden. Eine entsprechende spektrale Empfindlichkeit, die eine Erfassung und Zuordnung von nur einer Beleuchtungsrichtung von einer Lichtquelle ermöglicht, kann beispielsweise über Farbfilter und eine entsprechende Auslegung eines Sensors in der Bilderfassungsvorrichtung erreicht werden.

**[0016]** Gemäß einer Weiterentwicklung wird vorgeschlagen, dass die wenigstens zwei unterschiedlichen Bilder des Oberflächenabschnitts an unterschiedlichen Messpositionen relativ zum Kamerasystem erfassbar sind.

**[0017]** Die unterschiedlichen Messpositionen können sich beispielsweise aus der Förderung des Elements relativ zum Kamerasystem ergeben, so dass beispielsweise zwei Bilder, welche zwei unterschiedlichen Beleuchtungsrichtungen zugeordnet sind, von dem gleichen Oberflächenabschnitt zu unterschiedlichen Zeitpunkten aufgenommen werden. Die sich ergebene Zeitdifferenz entspricht hierbei vorzugsweise dem Abstand der Messpositionen durch die relativ Fördergeschwindigkeit des Elements. Die Erfassung dieser zwei oder mehr unterschiedlichen Bilder durch das Kamerasystem kann in möglichen Ausführungsformen mittels einer Bildaufnahmevorrichtung erfolgen, wobei der jeweilige Oberflächenabschnitt beispielsweise an einer anderen Position in der Bildaufnahme positioniert sein kann. Dementsprechend können in einer Bildaufnahme einer Bilderfassungsvorrichtung zwei oder mehr Bilder von

verschiedenen Oberflächenabschnitten erstellt werden. In diesem Fall können vorzugsweise mehrere Oberflächenabschnitte, beispielsweise zwei oder mehr, parallel mit einer Bilderfassungsvorrichtung in einer Bildaufnahme erfasst werden. Die Teile der Bildaufnahme, die einen jeweiligen Oberflächenabschnitt zeigen, können somit ein Bild eines Oberflächenabschnitts mit einer zugeordneten Beleuchtungsrichtung bilden. In einer weiteren möglichen Ausführungsform können die zwei oder mehr unterschiedlichen Bilder mittels zwei oder mehr verschiedenen Bilderfassungsvorrichtungen aufgenommen werden.

**[0018]** In einer vorteilhaften Ausführungsform sind die Lichtquellen alternierend geschaltet sind. Es kann auf diese Weise erreicht werden, dass jeweils nur eine Lichtquelle mit einer Beleuchtungsrichtung gleichzeitig auf einen Oberflächenabschnitt eines Elements einfällt. Auf diese Weise kann eine eindeutige Zuordnung von Bildern zu einer Beleuchtungsrichtung erreicht werden.

**[0019]** In alternativen Ausführungsformen können die Lichtquellen räumlich getrennt angeordnet sein, so dass vorzugsweise mit der entsprechenden Anzahl von Bilderfassungsvorrichtungen eine klare Zuordnung von Beleuchtungsrichtungen zu Bildern möglich ist.

**[0020]** Gemäß einer Weiterentwicklung wird vorgeschlagen, dass die Bilderfassungsvorrichtung eine Farbzeilen-Zeitverzögerung und Integration-Zeilenkamera (Multifeld TDI Zeilkamera) umfasst.

**[0021]** Eine Zeitverzögerung und Integration-Zeilenkamera, welche auch als TDI-Zeilenkamera bekannt ist, wobei TDI für Time Delay and Integration steht, umfasst einen Sensor, der mehrere Beleuchtungsstufen aufweist. Die Beleuchtungsstufen erfassen jeweils vorzugsweise den gleichen Ausschnitt entsprechend der Bewegung des geförderten Elements oder des Oberflächenabschnitts, wobei zudem bevorzugt die Ladungen von Beleuchtungsstufe zu Beleuchtungsstufe mitverschoben oder kopiert werden, so eine Integration über die entsprechende Anzahl genutzter Beleuchtungsstufen erreicht werden kann.

**[0022]** Eine Farbzeilen-Zeitverzögerung und Integration-Zeilenkamera (Multifeld TDI Zeilkamera) weist zudem beispielsweise drei unterschiedliche Bereiche mit unterschiedlicher spektraler Sensitivität auf, so dass drei unterschiedliche Bilder mit einer derartigen Kamera erfassbar sind. In Kombination mit unterschiedlichen Beleuchtungsrichtungen mit jeweils voneinander abweichenden Lichtfarben, die jeweils den drei unterschiedlichen Bereichen angepasst sind, kann das Kamerasystem wenigstens zwei, insbesondere drei, entsprechende Bilder erfassen,

welcher von der Datenverarbeitungseinrichtung zu einem Kombinationsbild verarbeitbar sind. Das Kombinationsbild wird vorzugsweise aus mehreren Bildern, die Graustufenbilder sind, verarbeitet, was auch farbiger Bildaufnahme durchgeführt werden kann.

**[0023]** Eine solche Bilderfassungsvorrichtung ermöglicht auch bei hohen Fördergeschwindigkeiten und dunklen Materialien der zu inspizierenden Oberfläche eines Elements eine ausreichende Belichtung und ein ausreichendes Signal-Rausch-Verhältnis. Zudem kann durch die verschiedenen Farbzeilen eine einfache Zuordnung zu unterschiedlichen Beleuchtungsrichtungen erreicht werden, sofern die unterschiedlichen Beleuchtungsrichtungen jeweils unterschiedliche Lichtfarben aufweisen. Insbesondere können mit einer Farbzeilen-Zeitverzögerung und Integration-Zeilenkamera beispielsweise drei unterschiedliche Bilder mit unterschiedlichen Beleuchtungsrichtungen erfasst und in einfacher Weise zu einem Kombinationsbild verarbeitet werden, da insbesondere eine pixelgenaue Verrechnung der unterschiedlichen Bilder aufgrund der Aufnahme der Bilder auf einem gemeinsamen Chip möglich ist.

**[0024]** Es wird ferner vorgeschlagen, dass die Lichtquellen gepulst betreibbar sind. Dies ermöglicht beispielsweise zusammen mit der vorgeschlagenen Farbzeilen-Zeitverzögerung und Integration-Zeilenkamera ein ausreichendes Signal-Rausch-Verhältnis. Weiterhin kann der Energiebedarf gegenüber einem Dauerbetrieb auf diese Weise minimiert werden.

**[0025]** Gemäß einer Weiterentwicklung wird vorgeschlagen, dass die Bilderfassungsvorrichtung eine Matrixkamera umfasst. Mit einer Matrixkamera können in einfacher Weise durch wenigstens zwei zeitlich aufeinander folgende Bildaufnahmen (frames) wenigstens zwei unterschiedliche Bilder mit unterschiedlichen Beleuchtungsrichtungen des gleichen Oberflächenabschnitts an unterschiedlichen Messpositionen und zeitlich getrennt erfasst werden. Vorzugsweise wechselt die Beleuchtungsrichtung zwischen den Bildaufnahmen (frames), so dass von einem Oberflächenabschnitt zwei unterschiedliche Bilder, welche jeweils ein Teilbild der Bildaufnahme sein können, mit unterschiedlichen Beleuchtungsrichtungen erfasst werden können. Weiterhin besteht die vorteilhafte Möglichkeit bei der Nutzung einer Farbmatrixkamera und unterschiedlichen Lichtfarben für die verschiedenen Beleuchtungsrichtungen entsprechend unterschiedliche Bilder mit einer kontinuierlichen Beleuchtung zu erfassen.

**[0026]** In einer vorteilhaften Ausführungsform wird vorgeschlagen, dass die Bilderfassungsvorrichtung mehrere Matrixkameras umfasst, welche nebeneinander und quer zur Förderrichtung des geförderten

Elements angeordnet sind. Die Anordnung mehrerer Matrixkameras nebeneinander vereinfacht die Skalierbarkeit des Kamerasystems in Bezug auf die Breite des zu inspizierenden Elements, welche quer zu der Breite relativ zum Kamerasystem gefördert wird. Die Bilder der Matrixkameras werden bevorzugt einzeln ausgewertet, sie können jedoch alternativ auch gemeinsam in einem zusammengesetzten Bild ausgewertet werden. Vorzugsweise ist am Übergang zwischen dem Erfassungsbereich von zwei Matrixkameras ein Überlappungsbereich vorgesehen. Eine Matrixkamera weist in der Regel einen Flächensensor auf, dieser kann beispielsweise quadratisch oder im Format 4:3 oder einem vergleichbaren Format sein und unterscheidet sich daher von einer Zeilenkamera.

**[0027]** Vorzugsweise ist das Kamerasystem dazu eingerichtet, einen Oberflächenabschnitt eines relativ zur Bilderfassungsvorrichtung auf einer Trommel geförderten Elements zu erfassen. Eine Trommel ermöglicht die kontinuierliche Förderung von einzelnen Elementen einer Energie- oder Batteriezelle, beispielsweise von Elektrodenblättern, welche auf der Trommel kontinuierlich relativ zum Kamerasystem gefördert werden können. Vorzugsweise kann eine Farbzeilen-Zeitverzögerung und Integration-Zeilenkamera als Bilderfassungsvorrichtung bei einer Förderung auf einer Trommel verwendet werden, da die Tiefenschärfe bei der typischen Krümmung des auf einer Trommel geförderten Elements mit dieser Bilderfassungsvorrichtung unproblematisch ist. Bei der Verwendung einer Matrixkamera als Bilderfassungsvorrichtung ist der Aufnahmebereich auf der Trommel in der Förderrichtung der erfassten Bilder vorzugsweise zu beschränken, um eine nachteilige Tiefenunschärfe aufgrund der Krümmung des Elements auf der Trommel zu vermeiden.

**[0028]** Weiterhin wird zur Lösung der Aufgabe ein Inspektionsverfahren zur optischen Inspektion der Oberfläche eines Elements einer Energiezelle, insbesondere einer Batterie, mit einem Kamerasystem nach einem der Ansprüche 1 bis 9 mit folgenden Schritten vorgeschlagen:

- Beleuchten eines Oberflächenabschnitts eines relativ zur Bilderfassungsvorrichtung geförderten Elements mit wenigstens zwei Lichtquellen, deren Licht aus unterschiedlichen Beleuchtungsrichtungen auf den Oberflächenabschnitt des geförderten Elements einfällt;

- Erfassen des Oberflächenabschnitts mit mindestens einer Bilderfassungsvorrichtung mit wenigstens zwei unterschiedlichen Bildern, welche jeweils unterschiedlichen, vorzugsweise jeweils einer der, Beleuchtungsrichtungen zugeordnet sind;

- Verarbeiten der erfassten, unterschiedlichen Bilder zu einem Kombinationsbild in einer Datenverarbeitungseinheit;

- Ausgeben des Kombinationsbilds.

**[0029]** Das Kombinationsbild erlaubt eine Detektion von Oberflächenfehlern, wie z.B. Partikeln größer 50  $\mu\text{m}$  auf der Oberfläche, trotz sehr dunkler Materialien der Oberfläche mit einem sehr hohen optischen Absorptionsgrad und sehr hoher Fördergeschwindigkeit, beispielsweise größer 60 m/min.

**[0030]** Gemäß einer Weiterentwicklung wird vorgeschlagen, dass das Verarbeiten zu einem Kombinationsbild durch Differenzbildung der wenigstens zwei Bilder mit unterschiedlichen Beleuchtungsrichtungen erfolgt. Differenzbildung der unterschiedlichen Bilder mit unterschiedlichen Beleuchtungsrichtungen des gleichen Oberflächenabschnitts ist ein besonders vorteilhaftes Verfahren um ein Kombinationsbild zu erreichen, welches eine entsprechende vorteilhafte indirekte 3D Information beinhaltet.

**[0031]** Weiter wird vorgeschlagen, dass eine digitale Filterung des Kombinationsbilds in der Datenverarbeitungseinheit vor dem Ausgeben erfolgt. Die digitale Filterung des Kombinationsbilds kann beispielsweise das Rauschen entfernen.

**[0032]** Gemäß einer Weiterentwicklung wird vorgeschlagen, dass eine Binarisierung des Kombinationsbilds in der Datenverarbeitungseinheit vor dem Ausgeben erfolgt. Hierdurch kann der Kontrast zwischen Oberflächenfehlern und intakten Bereichen der Oberfläche weiter erhöht werden. Eine Binarisierung des Kombinationsbilds erfolgt vorzugsweise nach einer digitalen Filterung eines Differenzbildes.

**[0033]** Weiterhin wird vorzugsweise vor der Ausgabe des Kombinationsbilds, insbesondere nach der Binarisierung, in einer digitalen Bildverarbeitung eine Öffnung (opening) vorgenommen. Diese Öffnung dient dazu sehr kleine Störungen oder Fehler, welche beispielsweise kleiner als 50  $\mu\text{m}$  sind, zu entfernen.

**[0034]** In einer vorteilhaften Ausführungsform wertet die Datenverarbeitungsvorrichtung das Kombinationsbild auf Oberflächenfehler, insbesondere Partikel, auf dem Oberflächenabschnitt aus. In alternativen Ausführungsformen kann die Auswertung auch außerhalb des Kamerasystems erfolgen. Die Auswertung kann beispielsweise genutzt werden, um die entsprechenden Teile des Elements, beispielsweise bei einer Elektrodenbahn, oder das gesamte Element, beispielsweise bei einem Elektrodenblatt, von einer Weiterverarbeitung auszuschließen.

**[0035]** Gemäß einer Weiterentwicklung wird vorgeschlagen, dass aufeinanderfolgende Bildaufnahmen

mit einer Matrixkamera als Bilderfassungsvorrichtung mit jeweils unterschiedlichen Beleuchtungsrichtungen auf dem Oberflächenabschnitt erfolgen.

**[0036]** Die Beleuchtungsrichtung kann daher zwischen den Bildaufnahmen (frames) wechseln, so dass von einem Oberflächenabschnitt zwei unterschiedliche Bilder, welche jeweils ein Teilbild der Bildaufnahme sein können, mit unterschiedlichen Beleuchtungsrichtungen erfasst werden können.

**[0037]** Gemäß einer Weiterentwicklung wird vorgeschlagen, dass zwei aufeinanderfolgende Bildaufnahmen mit einer Matrixkamera als Bilderfassungsvorrichtung den gleichen Oberflächenabschnitt auf unterschiedlichen Sensorbereichen der Matrixkamera erfassen. Beispielsweise kann ein Oberflächenabschnitt in einer ersten Bildaufnahme in einer ersten Hälfte der Zeilen (z.B. Zeilen 1 bis 500) der Bildaufnahme (frame) als Sensorbereich der Matrixkamera erfasst, und der gleiche Oberflächenabschnitt in einer zweiten, darauffolgenden Bildaufnahme in der zweiten Hälfte der Zeilen (z.B. Zeilen 501 bis 1000) der Bildaufnahme (frame) als Sensorbereich erfasst werden.

**[0038]** In einer möglichen Ausführungsform kann ein Lichtwechsel, d.h. eine andere Beleuchtungsrichtung innerhalb einer Bildaufnahme durchgeführt werden, so dass beispielsweise die ersten 500 Zeilen mit einer ersten Beleuchtungsrichtung und die zweiten 500 Zeilen mit einer zweiten Beleuchtungsrichtung erfasst werden.

**[0039]** In einer vorteilhaften Ausführungsform weist eine Matrixkamera als Bilderfassungsvorrichtung eine derart auf die Fördergeschwindigkeit des relativ zur Bilderfassungsvorrichtung geförderten Elements abgestimmte Bildaufnahmezeit auf, dass ein Oberflächenabschnitt des geförderten Elements zwischen zwei Bildaufnahmen den maximal halben, vorzugsweise den halben, Sensorbereich der Matrixkamera zurücklegt. Somit können mit zwei aufeinander folgenden Bildaufnahmen (frames) der gleiche Oberflächenabschnitt mit den gleichen Bilderfassungsvorrichtung erfasst werden.

**[0040]** Die Erfindung wird im Folgenden anhand bevorzugter Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren erläutert. Dabei zeigt

**Fig. 1** eine schematische Darstellung eines Kamerasystems;

**Fig. 2** ein Bild eines Oberflächenabschnitts mit einer ersten Beleuchtungsrichtung;

**Fig. 3** ein Bild eines Oberflächenabschnitts mit einer zweiten Beleuchtungsrichtung;

**Fig. 4** ein Kombinationsbild eines Oberflächenabschnitts;

**Fig. 5** ein gefiltertes Kombinationsbild;

**Fig. 6** eine Binarisierung des gefilterten Kombinationsbildes;

**Fig. 7** eine Öffnung des binarisierten Kombinationsbildes.

**[0041]** In **Fig. 1** ist ein Ausführungsbeispiel eines vorgeschlagenen Kamerasystems 10 zur optischen Inspektion der Oberfläche 11 eines Elements 12, beispielsweise eine Kathodenbahn, als Vorprodukt für eine Batterie schematisch gezeigt. Das Element 12 wird relativ zu dem Kamerasystem 10 gefördert, siehe symbolischen Pfeil. Das Kamerasystem 10 weist eine Bilderfassungsvorrichtung 13 auf, welche einen Oberflächenabschnitt 14 des Elements 12 erfasst. Es sind in dem diesem Ausführungsbeispiel drei Lichtquellen 15, 16, 17 vorgesehen, welche jeweils Licht aus unterschiedlichen Beleuchtungsrichtungen 18, 19, 20 auf den Oberflächenabschnitt 14 werfen. Die Lichtquellen 15, 16, 17 weisen in diesem Ausführungsbeispiel jeweils eine unterschiedliche Lichtfarbe auf, so dass aus den drei Beleuchtungsrichtungen 18, 19, 20 Licht mit unterschiedlicher Lichtfarbe, beispielsweise rot, grün, blau, auf den Oberflächenabschnitt 14, trifft.

**[0042]** Die Bilderfassungsvorrichtung 13 ist in diesem Ausführungsbeispiel eine Farbzeilen-Zeitverzögerung und Integration-Zeilenkamera, die die drei Lichtfarben aus den unterschiedlichen Beleuchtungsrichtungen getrennt voneinander erfasst. Daher werden drei Bilder 21, 22, siehe auch **Fig. 2** und **Fig. 3**, mit jeweils anderen Informationen über die Oberfläche 11 im Oberflächenabschnitt 14 aufgenommen.

**[0043]** Die **Fig. 2** bis **Fig. 7** zeigen exemplarisch die Verarbeitung von Bilddaten der Oberfläche 11 eines Elements 12 mit dem Kamerasystem 10. Die **Fig. 2** bis **Fig. 7** zeigen die typische dunkle Oberfläche 1 eines Elektrodenmaterials, wobei die **Fig. 2** bis **Fig. 7** zur besseren Illustration invertiert dargestellt sind. In diesem vorteilhaften Ausführungsbeispiel werden zwei unterschiedliche Bilder 21, 22 des gleichen Oberflächenabschnitts 14 erfasst, siehe **Fig. 2** und **Fig. 3**. In der Datenverarbeitungseinheit 24 werden die Bilder 21, 22 durch Differenzbildung zu einem Kombinationsbild 23 verarbeitet, siehe **Fig. 4**. Das Kombinationsbild 23 weist somit die kombinierten Informationen mit einer indirekten zusätzlichen 3D Information der Oberfläche 11 auf Basis der unterschiedlichen Beleuchtungsrichtungen 18, 19 auf, so dass das Kombinationsbild 23 eine verbesserte Inspektion des Oberflächenabschnitts 14 beispielsweise mit einer digitalen Bildauswertung ermöglicht. Das erhaltene Kombinationsbild 23 kann in möglichen Ausführungsformen von der Datenverarbeitungseinheit 24 zur weiteren Datenverarbeitung ausgegeben werden, oder alternativ

von der Datenverarbeitungseinheit 24 selbst ausgewertet werden.

**[0044]** Fig. 5 zeigt das Kombinationsbild 23 der Fig. 4 nach einer digitalen Filterung des Kombinationsbilds 23 durch die Datenverarbeitungseinheit 24, welche beispielsweise Rauschen im Kombinationsbild 23 entfernen kann. Anschließend kann das Kombinationsbild 23 binarisiert werden, so dass vorzugsweise nur noch die Farben schwarz und weiß mit einem entsprechend maximalen Kontrast im Bild vorhanden sind. Abschließend kann ein Opening von der Datenverarbeitungseinheit 24 an dem binarisierten Kombinationsbild 23 ausgeführt werden, so dass kleinste Strukturen in irrelevanten Größen herausgefiltert werden können.

**[0045]** Das Kombinationsbild 23 kann grundsätzlich dazu genutzt werden, die Oberfläche 11 eines Elements 12 einer Energiezelle, insbesondere einer Batteriezelle, optisch zu inspizieren und ggf. bei Oberflächenfehlern, z.B. Überschreiten von definierten Grenzwerten der Größe und/oder Anzahl von Partikeln auf einem Oberflächenabschnitt 14, diesen Teil von einer Weiterverarbeitung auszuschließen.

#### Bezugszeichenliste

10	Kamerasystem
11	Oberfläche
12	Element
13	Bilderfassungsvorrichtung
14	Oberflächenabschnitt
15, 16, 17	Lichtquelle
18, 19, 20	Beleuchtungsrichtungen
21, 22	Bild
23	Kombinationsbild
24	Datenverarbeitungseinheit

#### Patentansprüche

1. Kamerasystem (10) zur optischen Inspektion der Oberfläche (11) eines Elements (12) einer Energiezelle, insbesondere einer Batterie,  
 - mit mindestens einer Bilderfassungsvorrichtung (13), welche dazu eingerichtet ist, einen Oberflächenabschnitt (14) eines relativ zur Bilderfassungsvorrichtung (13) geförderten Elements (12) zu erfassen, **dadurch gekennzeichnet**, dass  
 - wenigstens zwei Lichtquellen (15, 16, 17) vorgesehen sind, deren Licht aus unterschiedlichen Beleuchtungsrichtungen (18, 19, 20) auf den Oberflächenabschnitt (14) des geförderten Elements (12) einfällt, wobei  
 - der Oberflächenabschnitt (14) mit wenigstens zwei unterschiedlichen Bildern (21, 22), welche jeweils

unterschiedlichen Beleuchtungsrichtungen (18, 19, 20) zugeordnet sind, von der mindestens einen Bilderfassungsvorrichtung (13) erfassbar ist, und  
 - eine Datenverarbeitungseinheit (24) vorgesehen ist, welche dazu eingerichtet ist,  
 - die erfassten, unterschiedlichen Bilder (21, 22) zu einem Kombinationsbild (23) zu verarbeiten, und  
 - das Kombinationsbild (23) auszugeben.

2. Kamerasystem (10) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass  
 - die wenigstens zwei Lichtquellen (15, 16, 17) jeweils unterschiedliche Lichtfarben aufweisen.

3. Kamerasystem (10) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass  
 - die wenigstens zwei unterschiedlichen Bilder (21, 22) des Oberflächenabschnitts (14) an unterschiedlichen Messpositionen relativ zum Kamerasystem (10) erfassbar sind.

4. Kamerasystem (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Lichtquellen (15, 16, 17) alternierend geschaltet sind.

5. Kamerasystem (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bilderfassungsvorrichtung (13) eine Farbzeilen-Zeitverzögerung und Integration-Zeilenkamera umfasst.

6. Kamerasystem (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Lichtquellen (15, 16, 17) gepulst betreibbar sind.

7. Kamerasystem (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bilderfassungsvorrichtung (13) eine Matrixkamera umfasst.

8. Kamerasystem (10) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bilderfassungsvorrichtung (13) mehrere Matrixkameras umfasst, welche nebeneinander und quer zur Förderrichtung des geförderten Elements (12) angeordnet sind.

9. Kamerasystem (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Kamerasystem (10) dazu eingerichtet ist, einen Oberflächenabschnitt (14) eines relativ zur Bilderfassungsvorrichtung (13) auf einer Trommel geförderten Elements (12) zu erfassen.

10. Inspektionsverfahren zur optischen Inspektion der Oberfläche (11) eines Elements (12) einer Energiezelle, insbesondere einer Batterie, mit einem Kamerasystem (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **gekennzeichnet durch** die Schritte:

- Beleuchten eines Oberflächenabschnitts (14) eines relativ zur Bilderfassungsvorrichtung (13) geförderten Elements (12) mit wenigstens zwei Lichtquellen (15, 16, 17), deren Licht aus unterschiedlichen Beleuchtungsrichtungen (18, 19, 20) auf den Oberflächenabschnitt (14) des geförderten Elements (12) einfällt;
- Erfassen des Oberflächenabschnitts (14) mit mindestens einer Bilderfassungsvorrichtung (13) mit wenigstens zwei unterschiedlichen Bildern (21, 22), welche jeweils unterschiedlichen Beleuchtungsrichtungen (18, 19, 20) zugeordnet sind;
- Verarbeiten der erfassten, unterschiedlichen Bilder (21,22) zu einem Kombinationsbild in einer Datenverarbeitungseinheit (24);
- Ausgeben des Kombinationsbilds (23).

11. Inspektionsverfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verarbeiten zu einem Kombinationsbild (23) durch Differenzbildung der wenigstens zwei Bilder (20, 21) mit unterschiedlichen Beleuchtungsrichtungen (18, 19, 20) erfolgt.

12. Inspektionsverfahren nach Anspruch 10 und 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine digitale Filterung des Kombinationsbilds (23) in der Datenverarbeitungseinheit (24) vor dem Ausgeben erfolgt.

13. Inspektionsverfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Binarisierung des Kombinationsbilds (23) in der Datenverarbeitungseinheit (24) vor dem Ausgeben erfolgt.

14. Inspektionsverfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Datenverarbeitungseinheit (24) das Kombinationsbild (23) auf Partikel auf dem Oberflächenabschnitt (14) auswertet.

15. Inspektionsverfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass aufeinanderfolgende Bildaufnahmen mit einer Matrixkamera als Bilderfassungsvorrichtung (13) mit jeweils unterschiedlichen Beleuchtungsrichtungen (18, 19, 20) auf dem Oberflächenabschnitt (14) erfolgen.

16. Inspektionsverfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwei aufeinanderfolgende Bildaufnahmen mit einer Matrixkamera als Bilderfassungsvorrichtung (13) den gleichen Oberflächenabschnitt (14) auf unterschiedlichen Sensorbereichen der Matrixkamera erfassen.

17. Inspektionsverfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Matrixkamera als Bilderfassungsvorrich-

tung (13) eine derart auf die Fördergeschwindigkeit des relativ zur Bilderfassungsvorrichtung (13) geförderten Elements (12) abgestimmte Bildaufnahme-rate aufweist, dass ein Oberflächenabschnitt (14) des geförderten Elements (12) zwischen zwei Bildaufnahmen den maximal halben, vorzugsweise den halben, Sensorbereich der Matrixkamera zurücklegt.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen



Anhängende Zeichnungen

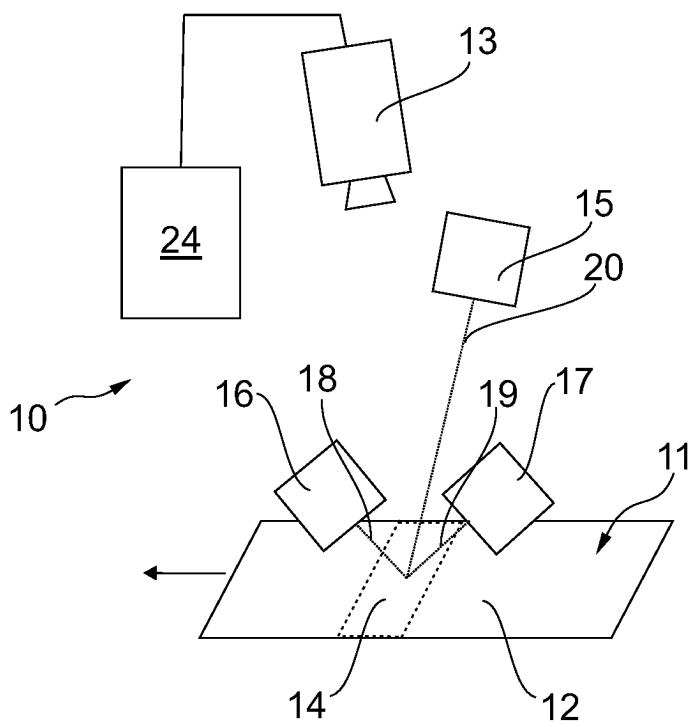
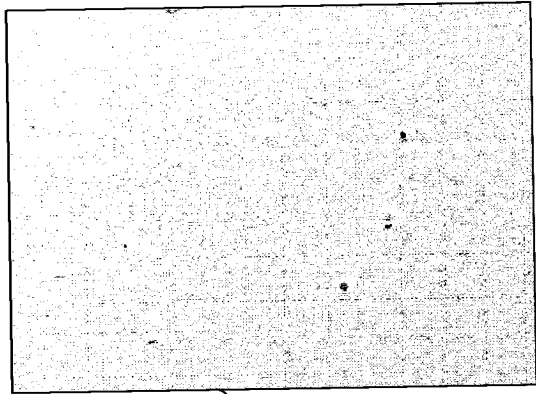
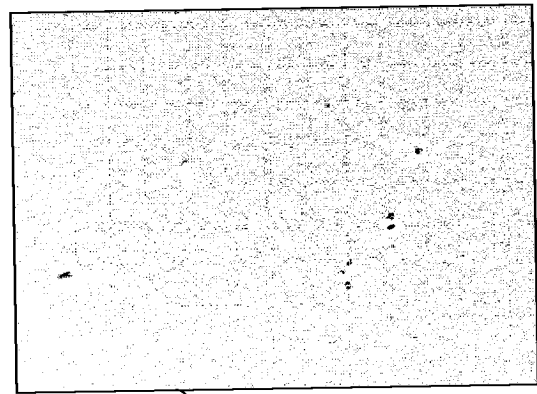


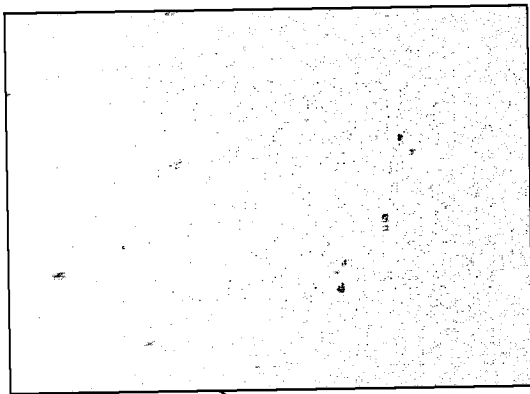
Fig. 1



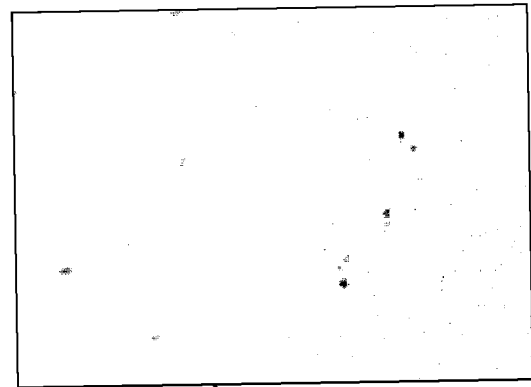
21 Fig. 2



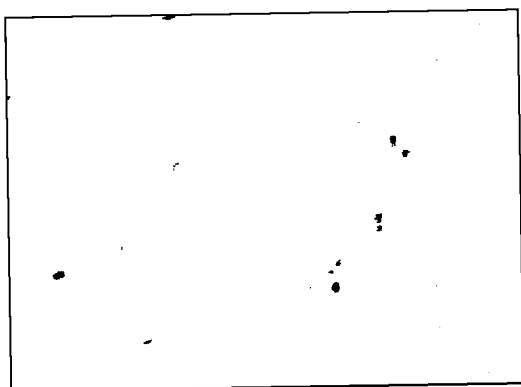
22 Fig. 3



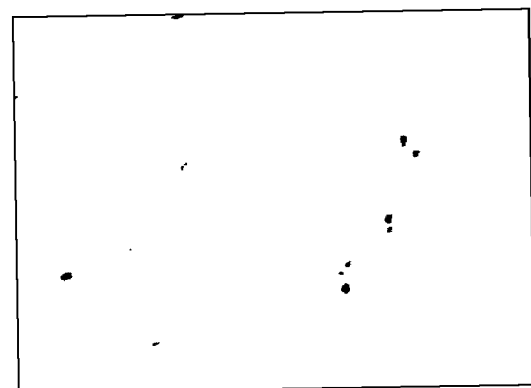
23 Fig. 4



23 Fig. 5



23 Fig. 6



23 Fig. 7