





---

Anordnung (120) zum Ermitteln eines Bildes zumindest eines Bereiches einer von einer Tunnelbohrmaschine (180) bearbeiteten Ortsbrust (122) eines Gebirges (102), wobei die Anordnung (120) einen rotierfähigen Bohrkopf (150) für die Tunnelbohrmaschine (180) zum Abtragen von Gesteinsmaterial der Ortsbrust (122), eine Bildaufnahmeeinrichtung (124), die zum Aufnehmen von Bilddaten zumindest eines Abschnitts (600) der Ortsbrust (122) an dem Bohrkopf (150) angebracht ist, und eine Bildverarbeitungseinrichtung (126) aufweist, die zum Verarbeiten von Bilddaten von mehreren Abschnitten (600) der Ortsbrust (122), die mittels der Bildaufnahmeeinrichtung (124) insbesondere während des Rotierens des Bohrkopfes (150) aufgenommen werden, und zum Rekonstruieren des Bildes zumindest des Bereiches der Ortsbrust (122) aus den Bilddaten der mehreren Abschnitte (600) der Ortsbrust (122) ausgebildet ist. Zudem kann eine regelmäßige oder kontinuierliche optische Analyse der Ortsbrust Zusatzinformationen bereitstellen, die für eine Verbesserung oder Optimierung der Steuerung der Tunnelbohrmaschine dienlich sind.

### System zum Ermitteln eines Ortsbrustbildes

Die Erfindung betrifft eine Anordnung zum Ermitteln eines Bildes  
zumindest eines Bereiches einer von einer Tunnelbohrmaschine bearbeiteten  
5 Ortsbrust eines Gebirges, eine Tunnelbohrmaschine und ein Verfahren zum  
Ermitteln eines Bildes zumindest eines Bereiches einer von einer  
Tunnelbohrmaschine bearbeiteten Ortsbrust eines Gebirges.

Eine Tunnelbohrmaschine ist eine Maschine, die zum Bau von Tunneln  
eingesetzt wird. Bauteile einer Tunnelbohrmaschine sind ein Abbauschild mit  
10 Vorschub- und Verspanneinrichtungen, Einrichtungen für den Einbau von Stütz-  
und Ausbaumaßnahmen, Einrichtungen zum Materialabtransport, eine  
Versorgungseinheit (Strom, Druckluft, Bewetterung, Wasser), und  
Transporteinrichtungen für Ausbruchsmaterial, Stützmittel und  
Ausbaumaterialien. Ein frontseitiger Bohrkopf einer Tunnelbohrmaschine ist mit  
15 Abbauwerkzeugen zum Lösen eines Gebirges versehen.

Die geologische Dokumentation der Ortsbrust ist wesentlich im Tunnelbau.  
Bei maschinellen Vortrieben, wie im Falle einer Tunnelbohrmaschine, ist eine  
solche Dokumentation nur sehr eingeschränkt möglich, weil der Bohrkopf der  
Tunnelbohrmaschine mechanisch im Weg ist und so visuelle Begutachtungen nur  
20 äußerst eingeschränkt möglich sind.

Herkömmlich blicken Geologen bzw. Geotechniker durch kleine Öffnungen  
auf die Ortsbrust und erzeugen davon Fotos und/oder Skizzen. Vereinzelt wird  
der Bohrkopf ein Stück weit zurückgezogen, sodass man größere Teile der  
Ortsbrust abfotografieren kann, allerdings aus äußerst ungünstigen Winkeln. Mit  
25 dem Zurückziehen des Bohrkopfes ist zudem ein hoher Aufwand verbunden.

Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, im Zusammenhang mit  
einer Tunnelbohrmaschine in einfacher und fehlerrobuster Weise großflächige  
Bildaten einer Ortsbrust zu gewinnen.

- 2 -

Diese Aufgabe wird durch die Gegenstände mit den Merkmalen gemäß den unabhängigen Ansprüchen gelöst. Weitere Ausführungsbeispiele sind in den abhängigen Ansprüchen gezeigt.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist eine  
5 Anordnung zum Ermitteln eines Bildes zumindest eines Bereiches einer von einer Tunnelbohrmaschine bearbeiteten Ortsbrust (d.h. diejenige Begrenzungsfläche eines Gebirges, die in Vortriebsrichtung einer Tunnelbohrmaschine dieser gegenüber liegt, und an der ein mit der Tunnelbohrmaschine bewirkter Vortrieb stattfindet oder stattgefunden hat) eines Gebirges geschaffen, wobei die  
10 Anordnung einen rotierfähigen bzw. drehfähigen Bohrkopf für die Tunnelbohrmaschine zum Abtragen von Gesteinsmaterial der Ortsbrust, eine Bildaufnahmeeinrichtung, die zum Aufnehmen von Bilddaten zumindest eines Abschnitts der Ortsbrust an dem Bohrkopf angebracht ist, und eine Bildverarbeitungseinrichtung aufweist, die (insbesondere während des Rotierens  
15 des Bohrkopfes) mittels der Bildaufnahmeeinrichtung aufgenommene Bilddaten von mehreren Abschnitten der Ortsbrust verarbeitet und daraus ein zusammenhängendes Bild zumindest des Bereiches der Ortsbrust rekonstruiert bzw. erzeugt.

Gemäß einem anderen Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist  
20 eine Tunnelbohrmaschine zum Abtragen von Gesteinsmaterial einer Ortsbrust eines Gebirges bereitgestellt, wobei die Tunnelbohrmaschine eine Anordnung mit den oben beschriebenen Merkmalen aufweist.

Gemäß noch einem anderen Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren zum Ermitteln eines Bildes zumindest eines Bereiches  
25 einer von einer Tunnelbohrmaschine bearbeiteten Ortsbrust eines Gebirges bereitgestellt, wobei bei dem Verfahren ein Bohrkopf einer Tunnelbohrmaschine zum Abtragen von Gesteinsmaterial der Ortsbrust rotiert wird, Bilddaten eines jeweiligen Abschnitts der Ortsbrust mittels einer an dem Bohrkopf angebrachten Bildaufnahmeeinrichtung aufgenommen werden (insbesondere während der  
30 Bohrkopf rotiert, wobei der Bohrkopf vorzugsweise während der Aufnahme nicht

vorgeschoben wird, d.h. die Aufnahme nicht während des Bohrbetriebs durchgeführt wird), und die (insbesondere während des Rotierens des Bohrkopfes) mittels der Bildaufnahmeeinrichtung aufgenommenen Bilddaten von mehreren Abschnitten der Ortsbrust verarbeitet werden, wodurch ein Bild  
5 zumindest des Bereiches der Ortsbrust rekonstruiert bzw. generiert wird.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel erfolgt eine automatisierte fotografische und/oder videobasierte Ortsbrustdokumentation bei einem Tunnelbohrmaschinen-Vortrieb. Hierfür werden erfindungsgemäß zum Beispiel vollständige Abbildungen bzw. Kreisringe der Ortsbrust erzeugt. Dazu wird eine  
10 Kamera oder eine andere Bildaufnahmeeinrichtung an einem Bohrkopf montiert, zum Beispiel in Öffnungen des Bohrkopfes platziert, und es werden Bilddaten (zum Beispiel ein Video bzw. Bilder in rascher Reihenfolge) aufgenommen, vorzugsweise während sich der Bohrkopf dreht. Anschließend werden die einzelnen Bilddaten (zum Beispiel Videoframes oder Fotos) mittels Methoden der  
15 insbesondere digitalen Bildverarbeitung zu einem Gesamtbild zusammengefügt. Die Qualität der erzeugten Bilder hat sich als sehr gut erwiesen, sodass sie den hohen Qualitätsansprüchen für die geologische Dokumentation gerecht werden können. Dadurch ist es möglich, mit sehr geringem Zeitbedarf (zum Beispiel innerhalb von ca. 10 Minuten) Bilddaten zu erzeugen, aus denen in weiterer  
20 Folge ein vollständiges, unverzerrtes Ortsbrustbild abgeleitet werden kann. Die gesamte Ortsbrust kann oder große bzw. gewünschte Teile der Ortsbrust können vollständig dokumentiert werden. Das Verfahren ist sehr schnell und praxistauglich. Beispielsweise kann eine Kamera als Bildaufnahmeeinrichtung in  
Wartungsschichten manuell im Bohrkopf platziert werden. Alternativ ist auch eine  
25 dauerhafte bzw. feste Implementierung der Bildaufnahmeeinrichtung (zum Beispiel von Kameras) in einen Bohrkopf möglich und sehr effizient.

Im Weiteren werden zusätzliche exemplarische Ausführungsbeispiele der Anordnung, der Tunnelbohrmaschine und des Verfahrens beschrieben.

- 4 -

Zudem kann eine regelmäßige oder kontinuierliche optische Analyse der Ortsbrust Zusatzinformationen bereitstellen, die für eine Verbesserung oder Optimierung der Steuerung der Tunnelbohrmaschine dienlich sind.

5 Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann die Aufnahme der Bilddaten (und gegebenenfalls deren Auswertung) in Wartungsschichten oder während kurzen Unterbrechungen des Bohrbetriebs durchgeführt werden. Lange Unterbrechungen des Bohrbetriebs treten dadurch allerdings nicht auf.

10 Gemäß einem Ausführungsbeispiel können Bilddaten unterschiedlicher räumlicher Abschnitte der Ortsbrust von einer oder mehreren Bildaufnahmeeinheiten der Bildaufnahmeeinrichtung aufgenommen werden, und zwar bei einer bestimmten Winkelstellung oder bei mehreren unterschiedlichen Winkelstellungen des Bohrkopfes. Dies bedeutet, dass in einer Alternative der Bohrkopf während des Aufnehmens der Bilddaten ruht und zum Beispiel mehrere Bildaufnahmeeinheiten an unterschiedlichen Positionen des Bohrkopfes bei 15 ruhendem Bohrkopf von verschiedenen Abschnitten der Ortsbrust Bilddaten aufnehmen. Ferner kann der Bohrkopf während des Aufnehmens der Bilddaten rotieren, so dass ein und dieselbe Bildaufnahmeeinheit zu unterschiedlichen Zeitpunkten während des Rotierens und damit bei unterschiedlichen Winkelstellungen des Bohrkopfes Bilddaten unterschiedlicher örtlicher Abschnitte 20 der Ortsbrust aufnimmt.

25 Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann der Bohrkopf mindestens eine Öffnung, insbesondere eine Durchgangsöffnung (zwischen einemtunnelbohrmaschinenseitigen Ende und einem ortsbrustseitigen Ende des Bohrkopfes) aufweisen. Die Bildaufnahmeeinrichtung kann zum Aufnehmen der Bilddaten durch die Durchgangsöffnung hindurch an dem Bohrkopf angebracht sein. Indem eine oder mehrere Öffnungen an bzw. in dem Bohrkopf dazu verwendet werden, eine oder mehrere Bildaufnahmeeinheiten der Bildaufnahmeeinrichtung dauerhaft oder vorübergehend zu befestigen bzw. sogar in ihrem Inneren aufzunehmen, kann die Bildaufnahmeeinrichtung in der oder 30 den Öffnungen geschützt vor den rauen mechanischen Bedingungen in einem zu

bohrenden Tunnel geschützt werden. Gleichzeitig führt das Integrieren der Bildaufnahmeeinrichtung in Öffnungen des Bohrkopfes dazu, dass der Bohrkopf der Aufnahme von Bilddaten der Ortsbrust mechanisch nicht im Wege steht.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann die mindestens eine Öffnung  
5 ausgewählt sein aus einer Gruppe, die besteht aus einem Mannloch, einer Ausnehmung für ein Abbauwerkzeug, einem Räumerschlitze und einer speziell für die Aufnahme der Bildaufnahmeeinrichtung konfigurierten Ausnehmung. Als Mannloch wird ein Einstieg durch den Bohrkopf verstanden, in dem sich Menschen nur sehr selten aufhalten müssen, zum Beispiel zu Reparatur- oder  
10 Wartungszwecken. Möglich sind runde, ovale oder rechteckige Querschnitte mit einer lichten Weite von zum Beispiel 400 mm bis 600 mm, so dass ein durchschnittlich gebauter Mensch ohne große Schwierigkeiten hindurchsteigen kann. Eine Bildaufnahmeeinheit kann in einem solchen Mannloch (zum Beispiel abnehmbar) montiert werden und zum Aufnehmen der Bildaufnahmeeinheit  
15 dienen, wenn das Mannloch nicht anderweitig benötigt wird. Als Abbauwerkzeuge können drehfähig gelagerte Disken mit Schneidkanten eingesetzt werden, welche beim Drehen des Bohrkopfes selbst in Rotation versetzt werden und dann Material von der Ortsbrust abtragen können. Solche Abbauwerkzeuge können in dafür vorgesehene Ausnehmungen mit Halterungen am Bohrkopf montiert  
20 werden. Anstelle eines Abbauwerkzeugs kann auch eine Bildaufnahmeeinheit in einer solchen Ausnehmung aufgenommen werden, vorübergehend oder dauerhaft. Ein Abfördersystem einer Tunnelbohrmaschine zum Abfordern von abgetragenem Ausbruchmaterial enthält im Bohrkopf angeordnete Räumerschlitze, durch welche unter Einsatz von Räumern das gelöste Bohrgut  
25 von der Ortsbrust hinter den Bohrkopf gelangt und dann zum Beispiel über Förderbänder abtransportiert wird. Auch solche Räumerschlitze können zum zumindest teilweisen Unterbringen der Bildaufnahmeeinrichtung eingesetzt werden. Um die Funktion des Bohrkopfes durch das Vorsehen der Bildaufnahmeeinrichtung überhaupt nicht einzuschränken, können auch speziell

dafür vorgesehene separate Öffnungen (zum Beispiel Ausnehmungen oder Durchlässe) in dem Bohrkopf gebildet werden.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann die mindestens eine Ausnehmung zum zumindest teilweisen Aufnehmen der Bildaufnahmeeinrichtung ausgebildet  
5 sein. Wenn die Bildaufnahmeeinrichtung ganz oder teilweise in der Aufnahmeöffnung untergebracht ist, kann sie beschädigungssicher vor unerwünschten Einflüssen der rauen Umgebung während des Bohrens einer Tunnelbohrmaschine in einem Bohrloch geschützt sein.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann die Bildaufnahmeeinrichtung  
10 ausgewählt sein aus einer Gruppe, die besteht aus mindestens einer Videokamera zum Aufnehmen von Videodaten von mindestens einem Abschnitt der Ortsbrust, und aus mindestens einer Fotokamera zum Aufnehmen von Fotos mindestens eines Abschnittes der Ortsbrust. Mit einer Videokamera kann eine durchgehende Videoaufnahme von Abschnitten der Ortsbrust während des  
15 Rotierens des Bohrkopfes aufgenommen werden. Dadurch steht eine breite Datenbasis zum Rekonstruieren des Bildes der Ortsbrust zur Verfügung. Mit einer Fotokamera können mehrere Einzelbilder von Abschnitten der Ortsbrust während des Rotierens des Bohrkopfes aufgenommen werden. Die Aufnahme mehrerer Einzelbilder erlaubt die Reduktion der zu übermittelnden Datenmenge.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann die Bildaufnahmeeinrichtung eine  
20 Mehrzahl von Bildaufnahmeeinheiten aufweisen, von denen jede zum Aufnehmen von Bilddaten eines jeweiligen Abschnitts der Ortsbrust angebracht ist. Zum Beispiel können die einzelnen Bildaufnahmeeinheiten Video- und/oder Fotokameras sein, die an unterschiedlichen Radien des Bohrkopfes montiert sein  
25 können, so dass während des Rotierens des Bohrkopfs jede der Bildaufnahmeeinheiten zum Beispiel einen kreisringförmigen Abschnitt der Ortsbrust aufnehmen kann. Das Zusammensetzen der Ringbilder zu einem Kreisbild der Ortsbrust ist dann bei Kenntnis der Montagepositionen der einzelnen Bildaufnahmeeinheiten möglich.

- 7 -

Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann die Bildaufnahmeeinrichtung eingerichtet sein, Bilddaten der Ortsbrust während einer vorbestimmten Winkeldrehung des Bohrkopfes (insbesondere während einer vollständigen Umdrehung des Bohrkopfes) aufzunehmen und der Bildverarbeitungseinrichtung diese Bilddaten zum Rekonstruieren des Bildes zumindest des Bereiches der Ortsbrust bereitzustellen. Zum Beispiel kann nach einer Drehung des Bohrkopfes um  $180^\circ$ , um  $360^\circ$  (oder um mehr als  $360^\circ$ , wenn zur weiteren Fehlerreduktion eine Redundanz gewünscht wird) die Bildaufnahme vorübergehend beendet werden und ein entsprechender Datensatz von Bilddaten an die Bildverarbeitungseinheit zur Rekonstruktion des interessierenden Bereiches der Ortsbrust übermittelt werden.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann die Bildaufnahmeeinrichtung eine Mehrzahl von an dem Bohrkopf angebrachten Bildaufnahmeeinheiten, insbesondere Videokameras und/oder Fotokameras, aufweisen, die zum gleichzeitigen Aufnehmen von unterschiedlichen Bilddaten von unterschiedlichen Abschnitten der Ortsbrust ausgebildet sind. Wenn mehrere Bildaufnahmeeinheiten eingesetzt werden, kann selbst bei geringen Abständen zwischen einer Vorderseite des Bohrkopfes und der Ortsbrust ein im Prinzip unbegrenzt großer Bereich der Ortsbrust in Form eines Bildes dargestellt werden. Hierfür setzt die Bildaufnahmeeinrichtung zusammen mit der Bildverarbeitungseinrichtung die einzelnen Teilbilder entsprechend den von den einzelnen Bildaufnahmeeinheiten aufgenommenen Abschnitten der Ortsbrust zu einem Gesamtbild entsprechend dem Bereich der Ortsbrust von Interesse zusammen.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann die Mehrzahl von Bildaufnahmeeinheiten derart an dem Bohrkopf angebracht sein, dass die von diesen Bildaufnahmeeinheiten abgebildeten unterschiedlichen Abschnitte der Ortsbrust zumindest teilweise miteinander überlappen. Die Überlappungsbereiche erlauben der Bildverarbeitungseinrichtung eine fehlerfreie Zusammensetzung der Einzelbilder zu einem Gesamtbild. Auch erlaubt das Vorsehen von

Überlappungsbereichen den Ausgleich von Helligkeitsunterschieden zwischen einzelnen Teilbildern, wie sie zum Beispiel durch eine unterschiedlich starke Beleuchtung verschiedener Abschnitte der Ortsbrust hervorgerufen werden können. Farbartefakte wie zum Beispiel diskontinuierliche Farbbänderungen an einer Nahtstelle zweier Bildabschnitte auf dem zusammengesetzten Bild können  
5 dadurch vermieden oder zumindest unterdrückt werden.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann die Bildverarbeitungseinrichtung eingerichtet sein, als den Bereich der Ortsbrust einen Kreisring oder eine Kreisfläche zu rekonstruieren. Zum Beispiel kann bereits mit einer einzigen  
10 Bildaufnahmeeinheit, zum Beispiel einer einzigen Videokamera oder Fotokamera, bei einer Drehung des Bohrkopfes ein zusammenhängender Kreisring als abgebildeter Bereich der Ortsbrust visuell dargestellt werden. Ein solcher Kreisring kann für die geologische Dokumentation der Ortsbrust bereits ausreichend aussagekräftig sein. Alternativ können auch mehrere Foto- und/oder  
15 Videokameras einzelne, vorzugsweise überlappende, Kreisringe aufnehmen, die dann von der Bildverarbeitungseinrichtung zu einer vollständigen Kreisfläche zusammengesetzt werden können.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann die Anordnung eine an dem Bohrkopf angebrachte Leuchtquelle bzw. Lichtquelle zum Beleuchten des von der  
20 Bildaufnahmeeinrichtung abgebildeten Abschnitts der Ortsbrust aufweisen. Da es in einem Bohrloch dunkel ist, kann das abschnittsweise Beleuchten von aufzunehmenden Abschnitten der Ortsbrust vorteilhaft sein, um ein aussagekräftiges Bild der Ortsbrust zu erhalten. Alternativ hierzu kann auch eine Fotokamera mit einer Blitzlichtquelle eingesetzt werden. Wenn die Leuchtquelle  
25 und die zugehörige Bildaufnahmeeinheit bzw. Bildaufnahmeeinrichtung miteinander starr gekoppelt werden, kann der Beleuchtungsaufwand sehr gering gehalten werden, da bei Rotieren des Bohrkopfes die Leuchtquelle sich mit der Bildaufnahmeeinrichtung bzw. Bildaufnahmeeinheit mitdreht und dadurch automatisch selektiv stets den gerade aufgenommenen Flächenabschnitt der  
30 Ortsbrust beleuchtet.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann die Anordnung eine zum Aufnehmen der Bildaufnahmeeinrichtung, und insbesondere der Leuchtquelle, und zur Montage an dem Bohrkopf eingerichtete Montagehalterung aufweisen. Durch eine solche Montagehalterung kann anschaulich ein mechanischer Adapter zwischen einer beliebig geformten Bildaufnahmeinheit bzw. Bildaufnahmeeinrichtung einerseits und einem bereits zur Verfügung stehenden oder speziell ausgebildete Ausnehmung als Aufnahmeraum in dem Bohrkopf geschaffen werden.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann die Anordnung einen Neigungssensor aufweisen, der zum Detektieren eines aktuellen Neigungswinkels (insbesondere der Bildaufnahmeeinrichtung bzw. einer oder mehrerer bestimmter Bildaufnahmeeinheiten davon) eingerichtet ist und zum Beispiel an der Montagehalterung oder alternativ direkt an der Bildaufnahmeeinrichtung bzw. einer jeweiligen Bildaufnahmeinheit angebracht sein kann. Der Neigungssensor kann somit eine Positionierung der Montagehalterung (und damit auch der davon aufgenommenen Bildaufnahmeinheit) oder direkt der Bildaufnahmeeinrichtung selbst erfassen und an die Bildverarbeitungseinrichtung weitermelden. Solche Neigungsinformation liefert zusätzliche Erkenntnisse über die Art und Weise, wie ein Abbild eines Bereiches der Ortsbrust zu interpretieren bzw. auszuwerten oder zu verarbeiten ist.

Insbesondere können der Neigungssensor und die Bildverarbeitungseinrichtung derart gekoppelt sein, dass die Bildverarbeitungseinrichtung zum Rekonstruieren des Bildes die den Abschnitten zugeordneten Bilddaten unter Berücksichtigung des von dem Neigungssensor detektierten Neigungswinkels verarbeitet. Dadurch sind Artefakte vermieden, die durch eine Fehlauswertung von Bilddaten resultieren, wenn die Bildaufnahmeeinrichtung von einer unzutreffenden gegenwärtigen Orientierung der Bildaufnahmeeinrichtung beziehungsweise der Bildaufnahmeeinheiten relativ zur Ortsbrust ausgeht.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann die Montagehalterung zum Klemmbefestigen und/oder zum magnetischen Befestigen an dem Bohrkopf eingerichtet sein. Durch diese Montagemethoden ist ein schnelles Montieren bzw. Demontieren der Bildaufnahmeeinrichtung am bzw. vom Bohrkopf ermöglicht.

5 Gleichzeitig erlauben diese Montagemethoden eine zuverlässige Befestigung der Bildaufnahmeeinrichtung am Bohrkopf selbst unter den mechanischen Belastungen, wie sie durch die Rotation des Bohrkopfes und den Materialabtrag durch den Bohrkopf während des Betriebs der Tunnelbohrmaschine auftreten. In einem Ausführungsbeispiel, bei dem die Bildaufnahmeeinrichtung auch während  
10 des eigentlichen Bohrbetriebs, d.h. während des Abtragens von Material des Gebirges, an dem Bohrkopf montiert bleibt, können derartige mechanische Belastungen auf die Bildaufnahmeeinrichtung einwirken, die mittels der Montagehalterung an dem Bohrkopf aber geschützt montiert sein kann.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann das Verarbeiten vorzugsweise  
15 durch Unterstützung mittels einer Bildverarbeitungseinrichtung an der Tunnelbohrmaschine oder an einer Nachbearbeitungsstelle, die von der Tunnelbohrmaschine räumlich entfernt ist, durchgeführt werden. Gemäß einer Variante kann somit an der Tunnelbohrmaschine, insbesondere im Inneren des Bohrlochs, d.h. am Ort der Tunnelbohrung, die Nachbearbeitung durchgeführt  
20 werden. Dies hat den Vorteil, dass ein Geologe bereits vor Ort Rückschlüsse aus dem Ortsbrustbild ziehen kann und die Steuerung der Tunnelbohrmaschine basierend auf dem ermittelten Bild der Ortsbrust vornehmen kann. Gemäß der anderen Variante kann an einer Nachbearbeitungsstelle, zum Beispiel in einem Büro, die Auswertung der Bilder durchgeführt werden.

25 Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann das Verarbeiten der Bilddaten derart durchgeführt werden, dass als das Bild ein dreidimensionales Reliefbild zumindest des Bereiches der Ortsbrust rekonstruiert wird. Dementsprechend kann bei der Anordnung die Bildverarbeitungseinrichtung zum derartigen Verarbeiten der Bilddaten eingerichtet sein, dass als das Bild ein  
30 dreidimensionales Reliefbild zumindest des Bereiches der Ortsbrust rekonstruiert

wird. Entsprechend kann die Bildaufnahmeeinrichtung eingerichtet sein, zum Rekonstruieren von Reliefbildern ausreichende Bildinformation aufzunehmen. Die Bildauswerteeinrichtung kann entsprechend eingerichtet sein, aus solchen Bilddaten das Reliefbild abzuleiten. Aus den räumlichen Informationen eines Reliefs kann ein Geologe dann weitergehende technische Information ableiten.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann die Erzeugung eines dreidimensionalen Reliefbildes unter Verwendung einer Zuordnung von (insbesondere überlappenden) Bildern und der Kenntnis von Parametern (zum Beispiel Positions- und Orientierungsinformationen, Eigenschaften der Bildaufnahmeeinheit(en)) der als Stereosystem konfigurierten Bildaufnahmeeinrichtung (zum Beispiel mehrere Bildaufnahmeeinheiten zum insbesondere gleichzeitigen Aufnehmen von mehreren Bildern oder eine einzige Bildaufnahmeeinheit, die sich mit dem Drehen des Bohrkopfes dreht und dabei zeitlich hintereinander miteinander zu verknüpfende Bilder aufnimmt) erfolgen.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann die Bildverarbeitungseinrichtung zum derartigen Verarbeiten von Bilddaten unterschiedlicher Abschnitte der Ortsbrust eingerichtet sein, dass mittels einer Kontrastanalyse (d.h. einer Bestimmung von Kontrastinformation für Bilddaten der Abschnitte und einem Vergleich der für unterschiedliche Bilddaten bestimmten Kontrastinformationen, um einander entsprechende Bereiche der Ortsbrust auf unterschiedlichen, aber zum Beispiel teilweise überlappenden Abschnitten zu identifizieren) einander entsprechende Teilabschnitte der Ortsbrust auf den unterschiedlichen Abschnitten ermittelt und einander zugeordnet werden. Anders ausgedrückt kann eine Abfolge von hellen und dunklen Bereichen in einem jeweiligen Abschnitt zugeordneten Bilddaten untersucht werden und Bereiche gleicher oder entsprechender Kontraste oder Kontrastverhältnisse identischen Bereichen der Ortsbrust in überlappenden Abschnitten zugeordnet werden. So kann aus einzelnen Bildern aus unterschiedlichen Perspektiven räumliche Bildinformation abgeleitet werden.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann die Bildaufnahmeeinrichtung eine Mehrzahl von Bildaufnahmeeinheiten (zum Beispiel mehrere Kameras) aufweisen, die zum Aufnehmen von Bilddaten von zu unterschiedlichen Zeitpunkten jeweils zumindest überlappenden, insbesondere identischen, Abschnitten der Ortsbrust ausgebildet sind. Die Bildverarbeitungseinrichtung kann zum derartigen Verarbeiten der Bilddaten der zu jedem Zeitpunkt zumindest überlappenden Abschnitte eingerichtet sein, dass als das Bild ein dreidimensionales Reliefbild zumindest eines Teils der überlappenden Abschnitte rekonstruiert wird. Gemäß einer solchen Ausgestaltung nehmen mehrere Bildaufnahmeeinheiten (zum Beispiel mehrere Kameras an unterschiedlichen Positionen des Bohrkopfes) insbesondere simultan ihren jeweiligen Positionen und Orientierungen zugeordnete Bilder von unterschiedlichen Abschnitten der Ortsbrust auf. Wenn die Bildaufnahmeeinheiten so angeordnet sind, dass die von Ihnen erfassten Raumbereiche ein gemeinsames Subvolumen beinhalten, können die einzelnen Bilder, die auch unterschiedlichen Blickrichtungen entsprechen, unter Gewinnung von dreidimensionaler Information zusammengesetzt bzw. zusammengestückt werden. Insbesondere die aus unterschiedlichen Richtungen aufgenommenen Überlappungsbereiche beinhalten einander ergänzende sterische Information.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann die Bildaufnahmeeinrichtung eine, insbesondere nur eine, Bildaufnahmeeinheit aufweisen, die während des Rotierens des Bohrkopfes zum zeitlich aufeinanderfolgenden Aufnehmen von Bilddaten von zumindest überlappenden Abschnitten der Ortsbrust ausgebildet ist. Die Bildverarbeitungseinrichtung kann zum derartigen Verarbeiten der Bilddaten der zumindest überlappenden Abschnitte eingerichtet sein, dass als das Bild ein dreidimensionales Reliefbild zumindest eines Teils der überlappenden Abschnitte rekonstruiert wird. Gemäß dieser Ausgestaltung kann eine einzige Bildaufnahmeeinheit ausreichend sein, um eine kompakte Anordnung zu schaffen (auch gemäß der beschriebenen Ausgestaltung sind alternativ auch mehrere Bildaufnahmeeinheiten möglich). Eine solche Bildaufnahmeeinheit kann aufgrund

ihrer festen Montage an dem Bohrkopf mit dem Bohrkopf mitdrehen, so dass sie bildtechnisch fortlaufend unterschiedliche Oberflächenbereiche der Ortsbrust abtastet. Werden die Bilder in ausreichend kurzen zeitlichen (und folglich räumlichen) Abständen aufgenommen, so können unmittelbar

5 aufeinanderfolgende aufgenommene Bilder einen überlappenden Bereich der Ortsbrust enthalten, was wiederum die Gewinnung von dreidimensionaler Bildinformation und eine korrekte Zusammensetzung der Einzelbilder ermöglicht. Durch Zuordnung von Ortsbrustbereichen auf Bildern, die durch ein und dieselbe Bildaufnahmeeinheit erzeugt worden sind, können im Gegensatz zu Bildern von  
10 unterschiedlichen Bildaufnahmeeinheiten (mit etwas anderen physikalischen Eigenschaften) ggf. auftretende Artefakte vermieden werden.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann die Bildaufnahmeeinrichtung eine, insbesondere nur eine, Bildaufnahmeeinheit aufweisen, die während des Rotierens des Bohrkopfes zum zeitlich aufeinanderfolgenden Aufnehmen von  
15 Bilddaten von Abschnitten der Ortsbrust ausgebildet ist. Die Anordnung kann ferner eine Mustererzeugungseinrichtung zum Erzeugen eines jeweiligen Musters von elektromagnetischer Strahlung (zum Beispiel sichtbares Licht, Ultraviolett, Infrarot, etc.) auf zumindest einem Teil der Abschnitte während des Aufnehmens der Bilddaten aufweisen. Die Bildverarbeitungseinrichtung kann zum derartigen  
20 Verarbeiten der Bilddaten der Abschnitte unter Verwendung des Musters oder der Muster als Zuordnungsinformation eingerichtet sein, dass als das Bild ein dreidimensionales Reliefbild zumindest eines Teils der Abschnitte rekonstruiert wird. Die den Einzelbildern aufgeprägten Muster elektromagnetischer Strahlung können also die Zuordnung der Einzelbilder zueinander ermöglichen oder  
25 erleichtern. Zur Unterscheidung sichtbarer Muster von Ortsbrustbildinformationen kann einmal eine Aufnahme mit und einmal eine Aufnahme ohne Mustererzeugung gemacht werden.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann die Mustererzeugungseinrichtung zum Erzeugen des Musters in einem Wellenlängenbereich außerhalb sichtbaren  
30 Lichts (zum Beispiel im Infrarotbereich, im Ultraviolettbereich, etc.) bzw. in

einem Wellenlängenbereich außerhalb eines Empfindlichkeitsbereiches der Bildaufnahmeeinheit(en) eingerichtet sein. Die Anordnung kann ferner eine Sensoreinrichtung zum Erfassen des Musters in dem Wellenlängenbereich außerhalb sichtbaren Lichts aufweisen. Gemäß dieser Ausgestaltung ist das  
5 Muster auf den Bildern der Bildaufnahmeeinrichtung, die zum Beispiel im optisch sichtbaren Bereich aufgenommen werden können, nicht zu sehen und stört somit die artefaktfreie Erzeugung von Bildinformationen nicht. Eine in dem Wellenlängenbereich außerhalb des sichtbaren Lichts sensitive Sensoreinrichtung (zum Beispiel eine Infrarotkamera, wenn die Muster im IR-Bereich erzeugt  
10 werden) hingegen kann die Muster erfassen, so dass diese in die Auswertung einfließen können. Hier ist auch der Einsatz von Profilsclannern möglich. Ist die relative Orientierung zwischen Sensoreinrichtung, Musterzeugungseinrichtung und Bildaufnahmeeinrichtung bekannt, so können die Muster, die den einzelnen Bildern zugeordnet sind, zum korrekten Zusammensetzen der Bilder unter  
15 Ableitung dreidimensionaler Bildinformation herangezogen werden.

Gemäß einem anderen Ausführungsbeispiel kann die Mustererzeugungseinrichtung zum Erzeugen eines mittels der Bildaufnahmeeinrichtung erfassbaren Musters, insbesondere einer  
20 Laserbeleuchtung, eingerichtet sein und relativ zu der Bildaufnahmeeinrichtung in vorbekannter Weise positioniert sein. Die Bildverarbeitungseinrichtung kann zum derartigen Verarbeiten der Bilddaten der Abschnitte unter Verwendung der Muster und der vorbekannten Positionierung als Zuordnungsinformation eingerichtet sein, dass als das Bild ein dreidimensionales Reliefbild zumindest  
25 eines Teils der Abschnitte rekonstruiert wird. Gemäß dieser Ausgestaltung ist es also möglich, dass die erzeugten Muster im sichtbaren Bereich bzw. in einem von der Bildaufnahmeeinrichtung detektierbaren Wellenlängenbereich liegen, insbesondere mittels eines Lasers erzeugt werden. Bei bekannter Orientierung eines solchen Lasers relativ zur Bildaufnahmeeinrichtung kann wiederum die  
30 Musterinformation zum Generieren eines dreidimensionalen Reliefs der Ortsbrust verwendet werden, um die Einzelbilder entsprechend miteinander zu verbinden

und/oder um 3D-Information zu gewinnen. Zum Beispiel kann als Muster eine (insbesondere geradlinig verlaufende) Laserlinie verwendet werden, die dann von einer nichtplanaren Oberfläche der Ortsbrust in eine auf den Bilder modifiziert wahrnehmbare (insbesondere nichtgeradlinig verlaufende) Laserlinie  
5 umgewandelt wird.

Gemäß einem anderen Ausführungsbeispiel kann die Anordnung eine Laufzeitmesseinrichtung für elektromagnetische Strahlung aufweisen. Die Bildverarbeitungseinrichtung kann zum derartigen Verarbeiten der Bilddaten der Abschnitte unter Verwendung der Laufzeitinformation eingerichtet sein, dass als  
10 das Bild ein dreidimensionales Reliefbild zumindest eines Teils der Abschnitte rekonstruiert wird. Dabei dient die Strahlung (z.B. durch Time-of-Flight-Messmethoden) zur Ermittlung der Entfernung oder Entfernungsdifferenzen der Quelle vom betrachteten Teil der Ortsbrust und infolge zur Gewinnung von 3D-Informationen.

Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel kann die Anordnung auch eine  
15 Einrichtung zur akustischen Laufzeitmessung (zum Beispiel ein Echolot) aufweisen.

Im Folgenden werden exemplarische Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung mit Verweis auf die folgenden Abbildungen detailliert  
20 beschrieben.

Figur 1 zeigt wesentliche Teile einer Tunnelbohrmaschine mit einer Anordnung zum Ermitteln eines Bildes einer von der Tunnelbohrmaschine bearbeiteten Ortsbrust gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung.

Figur 2 zeigt einen, an eine Ortsbrust angrenzenden Bohrkopf einer Tunnelbohrmaschine gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung.

Figur 3 zeigt einen kleinen Abschnitt einer Ortsbrust, der durch ein Mannloch eines Bohrkopfes hindurch fotografiert ist.

Figur 4 zeigt ein Ortsbrustfoto, das nach Zurückziehen eines Bohrkopfes aufgenommen ist.

Figur 5 zeigt eine Draufsicht einer Anordnung gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung, bei der Kameras am Bohrkopf einer Tunnelbohrmaschine in einem Mannloch, einem Räumerschlitze und anstelle eines Abbauwerkzeugs platziert sind.

Figur 6 zeigt eine Anordnung von vier Kameras zur gemeinsam annähernd vollständigen Aufnahme einer Ortsbrust gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung.

Figur 7 zeigt eine Anordnung aus einer Kamera, einer Leuchtquelle und einem Magnethalter zum Montieren an einem Bohrkopf einer Tunnelbohrmaschine gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung.

Figur 8 zeigt eine Montagehalterung für eine Kamera, Leuchtquellen und Neigungssensoren für eine Anordnung zum Erzeugen eines Bildes einer Ortsbrust gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung.

Figur 9 zeigt Bilder bzw. Videoframes, die sich überschneiden, und gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung mittels digitaler Bildverarbeitung zu einem Gesamtbild zusammengefügt werden.

Figur 10 zeigt einen Ausschnitt eines Kreisrings als Bild eines Bereiches einer Ortsbrust, der gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel aus mehreren einzelnen Videoframes zusammengesetzt wurde.

Figur 11 zeigt gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel ermittelte Höhenschichtenlinien über einem 3D-rekonstruierten Teil einer Ortsbrust.

Figur 12 zeigt zwei gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel nacheinander gewonnene Bilder mit Überlappung, die mit Symbolen (Ring/Kreuz) markierte SIFT-Interestpoints und deren Zuordnung über beide Bilder enthalten.

Figur 13 zeigt einen, an eine Ortsbrust angrenzenden Bohrkopf einer Tunnelbohrmaschine gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der

Erfindung in einer Seitenansicht, bei dem mittels mehrerer  
Bildaufnahmeeinheiten dreidimensionale Bilder der Ortsbrust erzeugt werden.

Figur 14 zeigt einen, an eine Ortsbrust angrenzenden Bohrkopf einer  
Tunnelbohrmaschine gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der  
5 Erfindung in einer Draufsicht, bei dem mittels einer mitrotierenden  
Bildaufnahmeeinheit zum Aufnehmen von Daten überlappender Abschnitte der  
Ortsbrust dreidimensionale Bilder der Ortsbrust erzeugt werden.

Figur 15 zeigt einen, an eine Ortsbrust angrenzenden Bohrkopf einer  
Tunnelbohrmaschine gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der  
10 Erfindung in einer Draufsicht, bei dem mittels einer mitrotierenden  
Bildaufnahmeeinheit und einer Mustererzeugungseinrichtung dreidimensionale  
Bilder der Ortsbrust erzeugt werden.

Gleiche oder ähnliche Komponenten in unterschiedlichen Abbildungen sind  
15 mit gleichen Bezugsziffern versehen.

**Figur 1** zeigt wesentliche Teile einer Tunnelbohrmaschine 180 mit einer  
Anordnung 120 zum Ermitteln eines Bildes eines Bereiches einer von der  
Tunnelbohrmaschine 180 bearbeiteten Ortsbrust 122 eines Gebirges 102 gemäß  
einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung.

20 In Figur 1 ist die Tunnelbohrmaschine 180 zum Abbauen des Gebirges 102  
in einer Lage, in dem in das Gebirge 102 bereits ein Bohrloch 182 eingebracht  
worden ist. Das Bohren erfolgt derart, dass das Bohrloch 182 gemäß Figur 1  
nach rechts hin sukzessive erweitert wird. Anders ausgedrückt bewegt sich die  
Tunnelbohrmaschine 180 entlang einer in Figur 1 mit Bezugszeichen 190  
25 gekennzeichneten Richtung. Dem Fachmann ist bekannt, dass die  
Tunnelbohrmaschine 180 über die gezeigten Komponenten hinaus eine Vielzahl  
von weiteren Komponenten aufweist, die aus Gründen der Anschaulichkeit in  
Figur 1 nicht gezeigt sind.

In Figur 1 ist aber ein Bohrkopf 150 mit einer Vielzahl von (hier  
30 exemplarisch und der Übersichtlichkeit wegen nur sieben gezeigt, in Realität

jedoch zum Beispiel 50 bis 100) Abbauwerkzeugen 100 zu erkennen. Genauer ausgedrückt, weist der Bohrkopf 150 einen rotatorisch und translatorisch gegenüber dem Gebirge 102 bewegbaren Bohrkörper 152 auf, an dessen vorderseitiger oder der Ortsbrust 122 zugewandter Stirnseite die Vielzahl von  
5 Abbauwerkzeugen 100 angebracht ist. Diese sind über die kreisförmige Stirnfläche des Bohrkörpers 152 hinweg verteilt, was in der Querschnittsansicht von Figur 1 nicht zu erkennen ist (siehe die Draufsicht in Figur 5). Jedes der Abbauwerkzeuge 100 kann eine in einer Halterung gelagerte drehfähige Diskette mit einer umfänglich scharfen Schneidkante aufweisen. Bei einer Drehung des  
10 Bohrkörpers 152 drehen die Disketten der Abbauwerkzeuge 100 mit und tragen mit ihrer scharfen Schneidkante Material des Gebirges 102 an der Ortsbrust 122 ab. Allerdings ist anzumerken, dass gemäß anderen Ausführungsbeispielen der Erfindung statt Disketten andere Abbauwerkzeuge 100 eingesetzt werden können, zum Beispiel Schälmesser oder Stichel.

15 Ein Antriebsmotor 157 der Tunnelbohrmaschine 180 treibt über eine schematisch dargestellte Antriebswelle 159 den Bohrkopf 150 an, so dass dieser um eine Achse der Antriebswelle 159 rotiert (siehe Bezugszeichen 161) und sich außerdem entlang der Richtung 190 immer tiefer in Richtung des Gebirges 102 unter Abtragung desselben hineinbewegt.

20 Im Weiteren wird die Anordnung 120 zum Ermitteln des Bildes der von der Tunnelbohrmaschine 180 bearbeiteten Ortsbrust 122 näher beschrieben.

Der rotierfähig gelagerte Bohrkopf 150 ist Teil der Anordnung 120 und dient dem Abtragen von Material an der Ortsbrust 122. In Ausnehmungen 128 (die in dem gezeigten Ausführungsbeispiel als Durchgangsöffnungen ausgebildet  
25 sind) des Bohrkopfes 150 sind mehrere Kameras als Bildaufnahmeeinheiten montiert, die gemeinsam eine Bildaufnahmeeinrichtung 124 bilden. Jede der Kameras nimmt während des Drehens des Bohrkopfes 150, das auch zum Mitdrehen der Kameras führt, ein Bild (insbesondere ein 360° Panorama) entsprechend einem ringförmigen Abschnitt der stirnflächigen Ortsbrust 122 auf.  
30 Die Kameras selbst werden dabei relativ zu dem Bohrkopf 150 ortsfest gehalten,

d.h. benötigen keinen separaten Antrieb. Die von den Kameras während einer vollständigen 360° Drehung des Bohrkopfes 150 aufgenommenen Bilddaten werden einer Bildverarbeitungseinrichtung 126 (zum Beispiel einem Prozessor, insbesondere ein Mikroprozessor oder eine CPU, Central Processing Unit) 5 zugeführt. Die Bildverarbeitungseinrichtung 126 verarbeitet die Bilddaten der unterschiedlichen Kameras der Bildaufnahmeeinrichtung 100 gemeinsam, d.h. setzt die Einzelbilder der einzelnen Kameras bzw. die aufgenommenen (Teil-)Ringbilder so zusammen, dass dadurch ein gemeinsames Bild von der Oberfläche der Ortsbrust 122 konstruiert wird. Hierbei können Methoden der 10 Bildverarbeitung eingesetzt werden. Das konstruierte Bild der Ortsbrust 122 wird dann einer Anzeigevorrichtung 155, zum Beispiel einer LCD Anzeige eines Laptop- oder Desktop-Computers, zugeführt. Ein Geologe kann dann bequem die Charakteristik der Ortsbrust 122 analysieren, indem er das aktuelle Bild der Ortsbrust 122 an der Anzeigevorrichtung 155 betrachtet.

15 Bei dem beschriebenen Ausführungsbeispiel wird das Bild somit am Ort der Tunnelbohrmaschine 180 rekonstruiert. Alternativ ist es aber auch möglich, die Bilder nicht vollautomatisiert zusammensetzen bzw. auszuwerten, sondern erst später in einem Büro.

Gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung können, 20 wie in **Figur 2** schematisch gezeigt, mehrere Kameras als Bildaufnahmeeinrichtung 124 integriert in den Bohrkopf 150 implementiert werden. In der gezeigten Ausführungsform ist auch die Bildverarbeitungseinrichtung 126 im Bohrkopf 150 integriert und übermittelt die rekonstruierten Bilddaten im gezeigten Ausführungsbeispiel drahtlos an eine in 25 Figur 2 nicht gezeigte Anzeigeeinrichtung 155 zum Anzeigen des Bildes der Ortsbrust 122. Die geologische und geotechnische Dokumentation der Ortsbrust 122 bei Vortrieben mit Tunnelbohrmaschinen 180 ist eine wesentliche Grundlage für einen zuverlässigen und sicheren Betrieb der Tunnelbohrmaschine 180. Diese findet zum Beispiel einmal täglich in Wartungsschichten statt.

- 20 -

Erfindungsgemäße Anordnungen 120 sind gegenüber herkömmlichen Ansätzen zum Ermitteln geologischer Daten einer Ortsbrust 122 deutlich vorteilhafter, wie im Weiteren näher beschrieben wird:

Bei herkömmlichen Ansätzen ist der Blick auf die Ortsbrust 122 aufgrund  
5 des störenden Bohrkopfes 150 der Tunnelbohrmaschinen 180 nur sehr eingeschränkt möglich. Schematisch ist dies in **Figur 3** dargestellt. Es besteht herkömmlich dann nur die Möglichkeit, durch Mannlöcher (siehe Figur 3) oder durch Räumerschlitze des Bohrkopfes 150 einen kleinen Teil der Ortsbrust 122 einzusehen, wobei *de facto* nie die Möglichkeit besteht, ein großflächiges oder  
10 gar vollständiges Bild der Ortsbrust 122 zu erhalten. Der Blick auf die Ortsbrust 122 durch Geologen und Geotechniker erfolgt also herkömmlich durch Mannlöcher, Räumerschlitze oder seitlich von Abbauwerkzeugen 100. Dabei ist es aber nur möglich, kleine Teile der Ortsbrust 122 einzusehen, wie zum Beispiel in Figur 3 dargestellt. In diesem Foto ist eine Kreisfläche mit einem Durchmesser  
15 von etwa 60 cm einsehbar, während die gesamte Ortsbrust 122 einen Durchmesser von knapp 10 m hat.

Wenn der Bohrkopf 150 ein Stück zurückgezogen wird, um eine bessere Dokumentation zu erlauben, ergibt sich zwar die Chance, Fotos zu machen, die einen größeren Teil der Ortsbrust abdecken, allerdings nur aus äußerst  
20 ungünstigen Winkelpositionen. Ein solches Foto ist beispielsweise in **Figur 4** zu sehen. Aufgrund des steilen Winkels ist es nur schwer möglich, geologische Merkmale im unteren Bereich der Ortsbrust 122 zu erkennen. Außerdem ist das Zurückfahren des Bohrkopfes 150 mit Unannehmlichkeiten verbunden, insbesondere mit einer Unterbrechung des Bohrbetriebs.

25 Somit ist die geologische Ortsbrustdokumentation bei Tunnelbohrmaschinen-Vortrieben herkömmlich mit großen Unsicherheiten bzw. mit einem großen Aufwand behaftet.

Um diesen Zustand zu verbessern, ist erfindungsgemäß eine Methode geschaffen, die es erlaubt, einen großen Teil oder sogar die gesamte Ortsbrust  
30 122 zu fotografieren bzw. zu filmen und in weiterer Folge zu einem

gesamtheitlichen Bild bzw. Foto weiterzuverarbeiten. Eine solche Methode ermöglicht es somit, die Ortsbrust 122 bei Tunnelbohrmaschinen-Vortrieben grafisch darzustellen. Die mit der in und/oder am drehenden Bohrkopf 150 integrierten Bildaufnahmeeinrichtung 124 überwundene Schwierigkeit besteht  
5 darin, dass die Ortsbrust 122 für Bedienpersonal beinahe vollständig vom Bohrkopf 150 der Tunnelbohrmaschine 180 verdeckt ist, herkömmlich nur durch kleine Öffnungen eingesehen werden kann, aber durch das erfindungsgemäße Vorsehen der Bildaufnahmeeinrichtung 124 sowie der hinsichtlich des Signalflusses nachgeschalteten Bildverarbeitungseinrichtung 126 zum  
10 Zusammensetzen von Teilbildern der Ortsbrust 122 nun problemlos zum Erstellen eines Bildes eines größeren Bereiches der Ortsbrust 122 eingesetzt werden kann.

**Figur 5** zeigt eine Draufsicht von Komponenten einer Anordnung 120 gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung, bei der  
15 Kameras als Bildaufnahmeeinrichtung 124 am Bohrkopf 150 einer Tunnelbohrmaschine in einem Mannloch (siehe Bezeichnung (a)), einem Räumerschlitze (siehe Bezeichnung (b)) und anstelle eines Abbauwerkzeugs 100 (siehe Bezeichnung (c)) platziert sind.

Mit der Anordnung 120 gemäß Figur 5 kann ein vollständiges Foto der  
20 Ortsbrust 122 oder von Kreisringen der Ortsbrust 122 erstellt werden. Dazu wird eine Foto- oder Videokamera (oder werden mehrere Foto- oder Videokameras) als Bildaufnahmeeinrichtung 124 in eine oder in mehreren Öffnungen im Bohrkopf 150 platziert, zum Beispiel Räumerschlitze, Mannloch, anstelle von Abbauwerkzeugen 100 oder an eigens für die Bildaufnahmeeinrichtung 124  
25 geschaffenen Ausnehmungen.

Anschließend wird der Bohrkopf 150 langsam wahlweise im Uhrzeigersinn oder entgegen dem Uhrzeigersinn gedreht (siehe Bezugszeichen 161), und es werden gleichzeitig Fotos in kurzen Abständen aufgenommen oder es wird gleichzeitig ein Video gemacht, zum Beispiel bis der Bohrkopf 150 sich einmal  
30 vollständig gedreht hat. Die Anzahl der Kameras, die benötigt wird, um ein

vollständiges Bild der gesamten Ortsbrust 122 (oder eines interessierenden Bereiches der Ortsbrust 122) zu erhalten, ist abhängig vom Winkel des Objektivs und davon, ob und gegebenenfalls wie weit der Bohrkopf 150 zurückgezogen wird (zum Beispiel vollständig an der Ortsbrust 122 anliegend oder eine  
5 vorbestimmte Distanz von zum Beispiel 1.5m zurückgezogen).

**Figur 6** zeigt eine Anordnung von vier Kameras als Bildaufnahmeeinrichtung 124 zur annähernd vollständigen Abdeckung einer Ortsbrust 122 gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung. Die in Figur 6 gezeigte Kameraanordnung erlaubt die Aufnahme von vier  
10 ringförmigen Bildern 600 inklusive kleiner Überschneidungen 602. Die Bereiche von Überschneidungen 602 können insbesondere verwendet werden, um die Einzelbilder artefaktfrei zusammensetzen.

**Figur 7** zeigt eine Anordnung aus einer Kamera als Bildaufnahmeeinrichtung 124, einer Leuchtquelle 700 (hier in Form eines LED-  
15 Arrays ausgebildet) und eines Magnethalters 702 zum Platzieren an einem Bohrkopf 150 einer Tunnelbohrmaschine 180 gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung. Die Befestigung der Bildaufnahmeeinrichtung 124 kann auf unterschiedliche Art und Weise erfolgen. Eine einfache und benutzerfreundliche Variante ist das Vorsehen der Kamera inklusive Leuchtquelle  
20 700 mit dem Magnethalter 702 zum gemeinsamen Platzieren am Bohrkopf 150.

**Figur 8** zeigt eine Montagehalterung 702 für eine Kamera als Bildaufnahmeeinrichtung 124, Leuchtquellen 700 und Neigungssensoren 800 für eine Anordnung 120 zum Erzeugen eines Bildes einer Ortsbrust 122 gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung.

25 Um eine genau definierte Positionierung der Bildaufnahmeeinrichtung 124 zu ermöglichen, können funktionell erweiterte Montagehalterungen 702 verwendet werden. Figur 8 zeigt eine solche Montagehalterung 702, die in Wartungsschichten in einem Mannloch befestigt werden kann. Neben der Kamera als Bildaufnahmeeinrichtung 124 werden darin starke Leuchtquellen 700 (nicht  
30 gezeigt) sowie weitere Sensoren, zum Beispiel die

Inklinometer/Neigungssensoren 800, platziert, die eine automatisierte Ausrichtung der späteren Fotos und/oder Videos ermöglichen. Abgesehen davon ist es möglich, die Aufnahme mit globalen Maschinendaten wie zum Beispiel dem aktuellen Bohrkopfwinkel zu synchronisieren. Eine bevorzugte Ausführungsform besteht darin, die Bildaufnahmeeinrichtung 124 bereits von vornherein bei der Konstruktion in den Bohrkopf 150 entsprechend zu integrieren.

**Figur 9** zeigt Bilder oder Videoframes 900, die sich überschneiden, und gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung mittels digitaler Bildverarbeitung zu einem Gesamtbild zusammengefügt werden.

10 Nachdem die Fotos und/oder Videos aufgenommen wurden, werden sie mittels automatisierter digitaler Bildverarbeitung zu einer Gesamtaufnahme zusammengefügt. Figur 9 zeigt schematisch die sich überschneidenden Bilder, welche in weiterer Folge zusammengesetzt werden.

**Figur 10** zeigt einen Ausschnitt 1000 eines Kreisrings als Bild eines Bereiches einer Ortsbrust 122, der gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel aus mehreren einzelnen Videoframes zusammengesetzt wurde.

Das Zusammensetzen zu einem Gesamtbild kann mittels verschiedener Verfahren (zum Beispiel pixel- oder texturorientiert) erfolgen. Im gegenständlichen Fall wurde ein Kreuzkorrelationsverfahren im Frequenzraum (Korrelation der Fourier-transformierten Bilder) verwendet. Figur 10 zeigt den Ausschnitt 1000 eines Kreisrings, welcher das Ergebnis mehrerer zusammengesetzter einzelner Videoframes ist. Kleinräumige geologische Merkmale sind deutlich zu erkennen. Mit weiteren Bearbeitungsschritten kann auch ein räumliches Relief der Ortsbrust 122 erzeugt werden.

Im Weiteren werden Systeme zur dreidimensionalen Rekonstruktion der Ortsbrust 122 im Detail beschrieben.

**Figur 11** zeigt Höhenschichtenlinien 1102 über einen 3D-rekonstruierten Teil einer Ortsbrust 122 (ermittelt mit einer Anordnung 120 gemäß Figur 13).

**Figur 12** zeigt zwei nacheinander gewonnene Aufnahmen 1202, 1204 mit Überlappung, die mit Symbolen (Ring/Kreuz) markierte SIFT-Interestpoints (Scale-invariant feature transform, d.h. skaleninvariante Merkmalstransformation) und deren Zuordnung über beide Bilder enthalten  
5 (ermittelt mit einer Anordnung 120 gemäß Figur 14).

**Figur 13** zeigt einen, an eine Ortsbrust 122 angrenzenden Bohrkopf 150 einer Tunnelbohrmaschine 180 gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung, bei dem mittels zweier Bildaufnahmeeinheiten dreidimensionale Bilder der Ortsbrust 122 erzeugt werden. Figur 13 zeigt eine  
10 Seitenansicht des Bohrkopfes 150 in vereinfachter Darstellung.

Bei der Anordnung 120 weist die Bildaufnahmeeinrichtung 124 zwei Bildaufnahmeeinheiten auf, die zum Aufnehmen von Bilddaten von zu unterschiedlichen Zeitpunkten jeweils überlappenden Abschnitten 600 der Ortsbrust 122 ausgebildet sind. Ein Überlappungsbereich der überlappenden  
15 Abschnitte 600 ist mit Bezugszeichen 601 gekennzeichnet. Die Bildverarbeitungseinrichtung 126 ist zum derartigen Verarbeiten der Bilddaten der zu jedem Zeitpunkt zumindest überlappenden Abschnitte 600 eingerichtet, dass als das Bild ein dreidimensionales Reliefbild zumindest eines Teils der überlappenden Abschnitte 600 rekonstruiert wird (siehe Figur 11).

Gemäß dem Ausführungsbeispiel von Figur 13 kann die für die 3D-Rekonstruktion eingesetzte Bildaufnahmeeinrichtung 124 sich eines Stereosystems bedienen, womit synchron Bilder mittels der beiden Bildaufnahmeeinheiten des (zumindest teils) gleichen Bereiches der Ortsbrust 122 während einer Drehung der Tunnelbohrmaschine 180 aufgenommen werden.  
25 Die Bildaufnahmeeinrichtung 124 ist während der Aufnahme fix mit dem rotierenden Bohrkopf 150 verbunden. Die Bilder können unter gleichmäßiger Ausleuchtung mit von Lichtquellen (nicht gezeigt) erzeugtem künstlichem Licht aus Öffnungen des Bohrkopfes 150 zur Ortsbrust 122 erstellt werden. Aus den gleichzeitig gewonnenen Bildern werden beispielsweise anhand einer aus einer  
30 Kalibrierung bekannten inneren und äußeren Kameraorientierung rektifizierte

Bilder bestimmt. Beide enthalten für die Bildaufnahmeeinheiten spezifische Angaben wie deren Brennweite, Lage des Bildhauptpunktes, Translationsvektor und Rotation zwischen den Bildaufnahmeeinheiten. Über den Kontrast vorhandener Bildinhalte lässt sich die Lage einander entsprechender Bildinhalte mittels Stereomatchern feststellen, die Zeilen des linken Bildes mit den gleichen Zeilen des rechten Bildes aus dem Stereosystem auf ähnliche Bildinhalte vergleichen. Ähnlichkeiten können zum Beispiel mit Berechnungsverfahren wie SAD (Sum of Absolute Difference) berechnet werden, wo Minima der Differenzen zwischen Pixelwerten zur Bildzuordnung führen. Unter Verwendung dieser Bildzuordnung und den Parametern des Stereosystems kann eine dichte dreidimensionale farbige Punktwolke von zumindest Teilen der Ortsbrust 122 generiert werden. Diese erlaubt die Unterscheidung verschiedener, in der Ortsbrust 122 vorkommender Lithologien zu deren flächen- und anteilmäßiger Ermittlung. Die dreidimensionale rekonstruierte Punktwolke ermöglicht die Ergänzung des Ortsbrustbildes mit Isohypsen. Ein Beispiel zeigt Bild 1100 gemäß Figur 11. Ebenso ist eine Darstellung mit einer farblichen Zuweisung von Höhen möglich. Zur Ermittlung der Position der rekonstruierten Punktwolke im Laufe der Drehbewegung der Tunnelbohrmaschine 180 ist es vorteilhaft, den Radius der Kreisbahn und des Neigungswinkels zu kennen, zu dessen Bestimmung ein Neigungssensor (nicht gezeigt in Figur 13, siehe zum Beispiel Figur 8) zur Hilfe genommen werden kann.

**Figur 14** zeigt einen, an eine Ortsbrust 122 angrenzenden Bohrkopf 150 einer Tunnelbohrmaschine 180 (siehe Figur 1) gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung. Bei dem Bohrkopf 150 können mittels einer mitrotierenden Bildaufnahmeeinheit als Bildaufnahmeeinrichtung 124 zum Aufnehmen von Daten überlappender Abschnitte 600, 600' der Ortsbrust 122 (siehe Figur 1) dreidimensionale Bilder der Ortsbrust 122 erzeugt werden. Bezugszeichen 600 bezeichnet einen Abschnitt, der aufgenommen wird, wenn sich die mitrotierende Bildaufnahmeeinheit an einer ersten Position befindet. In entsprechender Weise bezeichnet Bezugszeichen 600' einen anderen Abschnitt,

- 26 -

der aufgenommen wird, wenn sich die mitrotierende Bildaufnahmeeinheit zu einem späteren Zeitpunkt an einer zweiten Position befindet. An dieser zweiten Position ist die Bildaufnahmeeinrichtung mit Bezugszeichen 124' gekennzeichnet. Ein Überlappungsbereich der überlappenden Abschnitte 600, 600' ist wiederum mit Bezugszeichen 601 gekennzeichnet. Figur 14 zeigt eine Draufsicht des Bohrkopfes 150 in vereinfachter Darstellung (zum Beispiel sind die an dem Bohrkopf 150 angebrachten Abbauwerkzeuge 100 nicht dargestellt).

Bei der Anordnung 120 weist die Bildaufnahmeeinrichtung 124, 124' eine einzige Bildaufnahmeeinheit auf, die während des Rotierens des Bohrkopfes 150 zum zeitlich aufeinanderfolgenden Aufnehmen von Bilddaten von Abschnitten 600, 600' der Ortsbrust 122 ausgebildet ist. Zu einem ersten Zeitpunkt ist die Bildaufnahmeeinheit mit durchgezogenen Linien gezeigt. Zu einem späteren zweiten Zeitpunkt ist die Bildaufnahmeeinheit mit gestrichelten Linien gezeigt. Die Bildverarbeitungseinrichtung 126 (nicht gezeigt, siehe Figur 1) ist zum derartigen Verarbeiten der zu unterschiedlichen Zeitpunkten aufgenommenen Bilddaten der überlappenden Abschnitte 600, 600' eingerichtet, dass als das Bild ein dreidimensionales Reliefbild zumindest eines Teils der überlappenden Abschnitte 600, 600' rekonstruiert wird.

Gemäß dem Ausführungsbeispiel von Figur 14 ist als Bildaufnahmeeinrichtung 124, 124' zur 3D-Rekonstruktion eine Kameraeinheit vorgesehen, wobei zeitlich nacheinander gewonnene Bilder zur 3D-Rekonstruktion verwendet werden. Der zeitliche Abstand zwischen den jeweiligen Aufnahmen während der Drehbewegung des Bohrkopfes 150 der Tunnelbohrmaschine 180 (siehe Figur 1) bewirkt eine Translation und Rotation der Bildaufnahmeeinheit. Dies bewirkt eine teilweise Überlappung der Bildabfolge. In dieser Überlappung können Interestpoints/Merkmale mit Verfahren wie FAST, SIFT, SURF (Speeded Up Robust Features, „Beschleunigte, robuste Merkmale“) sowie anderen Methoden der Bildverarbeitung extrahiert werden, die mittels geeigneter automatischer Matchingalgorithmen einander zugeordnet werden und somit für eine 3D-Rekonstruktion trianguliert werden

können. Eine Darstellung erfolgreich gemachter SIFT-Interestpoints für zwei nacheinander gewonnene Aufnahmen zeigt Bild 1200 gemäß Figur 12.

**Figur 15** zeigt einen, an eine Ortsbrust 122 (siehe Figur 1) angrenzenden Bohrkopf 150 einer Tunnelbohrmaschine 180 (siehe Figur 1) gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung. Bei dem Bohrkopf 150 können mittels einer mitrotierenden Bildaufnahmeeinheit und einer Mustererzeugungseinrichtung (an einer ersten Position mit Bezugszeichen 1500 und an einer zweiten Position mit Bezugszeichen 1500' dargestellt) dreidimensionale Bilder der Ortsbrust 122 erzeugt werden. Figur 15 zeigt wiederum eine Draufsicht des Bohrkopfes 150 in vereinfachter Darstellung.

Bei der Anordnung 120 weist die Bildaufnahmeeinrichtung (wiederum an einer ersten Position mit Bezugszeichen 124 und an einer zweiten Position mit Bezugszeichen 124' gekennzeichnet) eine Bildaufnahmeeinheit auf, die während des Rotierens des Bohrkopfes 150 zum zeitlich aufeinanderfolgenden Aufnehmen von Bilddaten von Abschnitten 600, 600' (siehe Figur 14) der Ortsbrust 122 ausgebildet ist. Die Anordnung 120 weist ferner die Mustererzeugungseinrichtung 1500, 1500' zum Erzeugen eines jeweiligen Musters von elektromagnetischer Strahlung auf zumindest einem Teil der Abschnitte 600, 600' während des Aufnehmens der Bilddaten auf. Zu einem ersten Zeitpunkt sind die Bildaufnahmeeinheit und die damit starr gekoppelte Mustererzeugungseinrichtung 1500, 1500' mit durchgezogenen Linien gezeigt. Zu einem späteren zweiten Zeitpunkt sind die Bildaufnahmeeinheit und die Mustererzeugungseinrichtung 1500, 1500' mit gestrichelten Linien gezeigt.

Die Bildverarbeitungseinrichtung 126 (siehe Figur 1) ist zum derartigen Verarbeiten der Bilddaten der Abschnitte 600, 600' unter Verwendung des Musters oder der Muster als Zuordnungsinformation eingerichtet, dass als das Bild ein dreidimensionales Reliefbild zumindest eines Teils der Abschnitte 600, 600' rekonstruiert wird.

Das in Figur 15 gezeigte Ausführungsbeispiel einer Bildaufnahmeeinrichtung 124 zur 3D-Rekonstruktion kann zwecks

Unabhängigkeit vom visuellen Kontrast der Ortsbrust 122 sich eines Streifenprojektors bedienen. Eine zugehörige Mustererzeugungseinrichtung 1500, 1500' ist aus einem Streifenprojektor gebildet, der ein vordefiniertes regelmäßiges oder zufällig generiertes flächenhaftes Muster (in den gleichen oder  
5 anderen elektromagnetischen Frequenzbereichen als dem sichtbaren Licht, wobei eine zur Musterdetektion separate und in der Figur nicht gezeigte Sensoreinrichtung vorgesehen sein kann) wirft. Diese Muster können mit einem kalibrierten Stereosystem erfasst werden. Diese Aufnahmen können zur 3D-Rekonstruktion mit Bildzuordnungsverfahren bearbeitet werden.

10 Alternativ zu Figur 15 kann die Mustererzeugungseinrichtung 1500, 1500' zum Erzeugen eines mittels der Bildaufnahmeeinrichtung 124, 124' erfassbaren Musters, insbesondere einer Laserbeleuchtung, eingerichtet sein und relativ zu der Bildaufnahmeeinrichtung 124, 124' in vorbekannter Weise positioniert sein (nicht gezeigt). Die Bildverarbeitungseinrichtung 126 kann dann zum derartigen  
15 Verarbeiten der Bilddaten der Abschnitte 600, 600' unter Verwendung der Muster und der vorbekannten Positionierung als Zuordnungsinformation eingerichtet sein, dass als das Bild ein dreidimensionales Reliefbild zumindest eines Teils der Abschnitte 600, 600' rekonstruiert wird.

Die Bildaufnahmeeinrichtung 124, 124' kann somit mit einem  
20 Lichtschnittverfahren zur 3D-Rekonstruktion bestückt werden, das sich einer Laserlinie als Signal bedient. Die Bildaufnahmeeinrichtung 124, 124' setzt sich dann zum Beispiel aus einer Laserbeleuchtung und einer Kamera zusammen. Beide sind in einem bestimmen Winkel zueinander ausgerichtet und in der Aufnahme der Kamera lässt sich die Laserlinie als Höhenprofil detektieren. Die  
25 Frequenz der Profilaufnahme kann in der Form auf die Rotation der Tunnelbohrmaschine 180 so abgestimmt sein, dass eine 3D-Rekonstruktion mittels einer dichten Punktwolke möglich ist. Die Kombination mit der visuellen Aufnahme der Ortsbrust 122 erfolgt über einen Kalibrierungsschritt, der visuelle Information und die Ergebnisse der Höhenprofilaufnahme zur Deckung bringt.  
30 Eine ähnliche Bildaufnahmeeinrichtung 124, 124' gemäß noch einem anderen

Ausführungsbeispiel der Erfindung kann ein Profils Scanner sein, der Laserbeleuchtung und die zugehörige Kamera ersetzt.

Die Bildaufnahmeeinrichtung 124, 124' kann mit Sensorik (nicht gezeigt) zur Erfassung von Wellenlängen außerhalb des sichtbaren Lichts bestückt werden. Techniken wie die Spektroskopie unter Verwendung von Handheld-  
5 Geräten können analysetechnisch zur Nutzung kommen, um eine Zuordnung mittels Quarz- oder mafischer Indices anhand der unterschiedlichen Emissivität beispielsweise im LWIR (long wavelength infrared) zu erreichen.

Ergänzend ist darauf hinzuweisen, dass „aufweisend“ keine anderen  
10 Elemente oder Schritte ausschließt und „eine“ oder „ein“ keine Vielzahl ausschließt. Ferner sei darauf hingewiesen, dass Merkmale oder Schritte, die mit Verweis auf eines der obigen Ausführungsbeispiele beschrieben worden sind, auch in Kombination mit anderen Merkmalen oder Schritten anderer oben beschriebener Ausführungsbeispiele verwendet werden können. Bezugszeichen in  
15 den Ansprüchen sind nicht als Einschränkung anzusehen.

## Patentansprüche

1. Anordnung (120) zum Ermitteln eines Bildes zumindest eines Bereiches einer von einer Tunnelbohrmaschine (180) bearbeiteten Ortsbrust (122) eines Gebirges (102), wobei die Anordnung (120) aufweist:
- 5 einen rotierfähigen Bohrkopf (150) für die Tunnelbohrmaschine (180) zum Abtragen von Material, insbesondere Gesteinsmaterial, der Ortsbrust (122);  
eine Bildaufnahmeeinrichtung (124), die zum Aufnehmen von Bilddaten zumindest eines Abschnitts (600) der Ortsbrust (122) an dem Bohrkopf (150)  
10 angebracht ist; und  
eine Bildverarbeitungseinrichtung (126), die zum Verarbeiten von Bilddaten von mehreren Abschnitten (600) der Ortsbrust (122), die mittels der Bildaufnahmeeinrichtung (124) insbesondere während des Rotierens des Bohrkopfes (150) aufgenommen werden, und zum Rekonstruieren des Bildes  
15 zumindest des Bereiches der Ortsbrust (122) aus den Bilddaten der mehreren Abschnitte (600) der Ortsbrust (122) ausgebildet ist.
2. Anordnung (120) gemäß Anspruch 1, wobei der Bohrkopf (150) mindestens eine Öffnung (128), insbesondere eine Durchgangsöffnung, aufweist,  
20 und wobei die Bildaufnahmeeinrichtung (124) zum Aufnehmen der Bilddaten durch die Öffnung (128) an dem Bohrkopf (150) angebracht ist.
3. Anordnung (120) gemäß Anspruch 2, wobei die mindestens eine Öffnung (128) ausgewählt ist aus einer Gruppe, die besteht aus einem Mannloch zum  
25 Zugangsgewähren einer Bedienperson, einer Ausnehmung oder Aufnahme für ein Abbauwerkzeug (100) zum Abbauen von Material des Gebirges (102), einem Räumerschlitze zum Abräumen von abgebautem Material des Gebirges (102) und einer speziell für die Aufnahme der Bildaufnahmeeinrichtung (124) konfigurierten Ausnehmung oder Öffnung (128).

- 31 -

4. Anordnung (120) gemäß Anspruch 2 oder 3, wobei die mindestens eine Ausnehmung oder Öffnung (128) als Aufnahmeöffnung zum zumindest teilweisen Aufnehmen der Bildaufnahmeeinrichtung (124) ausgebildet ist.

5 5. Anordnung (120) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Bildaufnahmeeinrichtung (124) ausgewählt ist aus einer Gruppe, die besteht aus mindestens einer Videokamera zum Aufnehmen von Videodaten mindestens eines Abschnittes der Ortsbrust (122), und aus mindestens einer Fotokamera zum Aufnehmen von Fotos mindestens eines Abschnittes der Ortsbrust (122).

10

6. Anordnung (120) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Bildaufnahmeeinrichtung (124) eine Mehrzahl von Bildaufnahmeeinheiten aufweist, von denen jede zum Aufnehmen von Bilddaten eines jeweiligen Abschnitts (600) der Ortsbrust (122) an dem Bohrkopf (150) angebracht ist.

15

7. Anordnung (120) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die Bildaufnahmeeinrichtung (124) eingerichtet ist, Bilddaten der Ortsbrust (122) während einer vorbestimmten Winkeldrehung des Bohrkopfes (150), insbesondere während einer vollständigen Umdrehung des Bohrkopfes (150), aufzunehmen und der Bildverarbeitungseinrichtung (126) diese Bilddaten zum Rekonstruieren des Bildes zumindest des Bereiches der Ortsbrust (122) bereitzustellen.

20

8. Anordnung (120) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die Bildaufnahmeeinrichtung (124) eine Mehrzahl von an dem Bohrkopf (150) angebrachten Bildaufnahmeeinheiten, insbesondere Videokameras und/oder Fotokameras, aufweist, die zum gleichzeitigen Aufnehmen von unterschiedlichen Bilddaten von unterschiedlichen Abschnitten (600) der Ortsbrust (122) ausgebildet sind.

25

30

9. Anordnung (120) gemäß Anspruch 8, wobei die Mehrzahl von Bildaufnahmeeinheiten derart an dem Bohrkopf (150) angebracht ist, dass die von diesen Bildaufnahmeeinheiten abgebildeten unterschiedlichen Abschnitte (600) der Ortsbrust (122) unter Ausbildung von Überlappungsabschnitten (601, 602) zumindest teilweise überlappen.
10. Anordnung (120) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die Bildverarbeitungseinrichtung (126) eingerichtet ist, als den Bereich der Ortsbrust (122) einen Kreisring oder eine Kreisfläche zu rekonstruieren.
11. Anordnung (120) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10, aufweisend mindestens eine an dem Bohrkopf (150) angebrachte Leuchtquelle (700) zum Beleuchten eines von der Bildaufnahmeeinrichtung (124) jeweils abgebildeten Abschnitts (600) der Ortsbrust (122).
12. Anordnung (120) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11, aufweisend eine zum Aufnehmen der Bildaufnahmeeinrichtung (124), und insbesondere der Leuchtquelle (700), und zur Montage an dem Bohrkopf (150) eingerichtete Montagehalterung (702).
13. Anordnung (120) gemäß Anspruch 12, aufweisend mindestens einen Neigungssensor (800), der zum Detektieren eines Neigungswinkels an der Montagehalterung (702) angebracht ist.
14. Anordnung (120) gemäß Anspruch 13, wobei der mindestens eine Neigungssensor (800) und die Bildverarbeitungseinrichtung (126) derart gekoppelt sind, dass die Bildverarbeitungseinrichtung (126) die den Abschnitten (600) zugeordneten Bilddaten zum Rekonstruieren des Bildes unter Berücksichtigung des von dem Neigungssensor (800) detektierten Neigungswinkels verarbeitet.

15. Anordnung (120) gemäß einem der Ansprüche 12 bis 14, wobei die Montagehalterung (702) zum Klemmbefestigen und/oder zum magnetischen Befestigen an dem Bohrkopf (150) eingerichtet ist.

5

16. Anordnung (120) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 15, wobei die Bildverarbeitungseinrichtung (126) zum derartigen Verarbeiten der Bilddaten eingerichtet ist, dass als das Bild ein dreidimensionales Reliefbild zumindest des Bereiches der Ortsbrust (122) rekonstruiert wird.

10

17. Anordnung (120) gemäß Anspruch 16, wobei die Bildverarbeitungseinrichtung (126) zum derartigen Verarbeiten von Bilddaten zumindest teilweise unterschiedlicher Abschnitte (600) der Ortsbrust (122) eingerichtet ist, dass mittels einer Kontrastanalyse einander entsprechende  
15 Teilabschnitte der Ortsbrust (122) auf den unterschiedlichen Abschnitten (600) ermittelt und einander zugeordnet werden.

18. Anordnung (120) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 17,  
wobei die Bildaufnahmeeinrichtung (124) eine Mehrzahl von  
20 Bildaufnahmeeinheiten aufweist, die zum Aufnehmen von Bilddaten von zu unterschiedlichen Zeitpunkten jeweils zumindest überlappenden, insbesondere identischen, Abschnitten (600) der Ortsbrust (122) ausgebildet sind;  
wobei die Bildverarbeitungseinrichtung (126) zum derartigen Verarbeiten der Bilddaten der zu jedem Zeitpunkt zumindest überlappenden Abschnitte (600)  
25 eingerichtet ist, dass als das Bild ein dreidimensionales Reliefbild zumindest eines Teils der überlappenden Abschnitte (600) rekonstruiert wird.

25

19. Anordnung (120) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 17,  
wobei die Bildaufnahmeeinrichtung (124, 124') eine, insbesondere nur  
30 eine, Bildaufnahmeeinheit aufweist, die während des Rotierens des Bohrkopfes

30

- 34 -

(150) zum zeitlich aufeinanderfolgenden Aufnehmen von Bilddaten von zumindest überlappenden Abschnitten (600, 600') der Ortsbrust (122) ausgebildet ist;

5 wobei die Bildverarbeitungseinrichtung (126) zum derartigen Verarbeiten der Bilddaten der zumindest überlappenden Abschnitte (600, 600') eingerichtet ist, dass als das Bild ein dreidimensionales Reliefbild zumindest eines Teils der überlappenden Abschnitte (600, 600') rekonstruiert wird.

20. Anordnung (120) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 17,

10 wobei die Bildaufnahmeeinrichtung (124, 124') eine, insbesondere nur eine, Bildaufnahmeinheit aufweist, die während des Rotierens des Bohrkopfes (150) zum zeitlich aufeinanderfolgenden Aufnehmen von Bilddaten von Abschnitten (600, 600') der Ortsbrust (122) ausgebildet ist;

15 wobei die Anordnung (120) ferner eine Mustererzeugungseinrichtung (1500, 1500') zum Erzeugen eines jeweiligen Musters von elektromagnetischer Strahlung auf zumindest einem Teil der Abschnitte (600, 600') während des Aufnehmens der Bilddaten aufweist;

20 wobei die Bildverarbeitungseinrichtung (126) zum derartigen Verarbeiten der Bilddaten der Abschnitte (600, 600') unter Verwendung des Musters oder der Muster als Zuordnungsinformation eingerichtet ist, dass als das Bild ein dreidimensionales Reliefbild zumindest eines Teils der Abschnitte (600, 600') rekonstruiert wird.

21. Anordnung (120) gemäß Anspruch 20,

25 wobei die Mustererzeugungseinrichtung (1500, 1500') zum Erzeugen des Musters in einem Wellenlängenbereich außerhalb sichtbaren Lichts eingerichtet ist;

wobei die Anordnung (120) ferner eine Sensoreinrichtung zum Erfassen des Musters in dem Wellenlängenbereich außerhalb sichtbaren Lichts aufweist.

30

22. Anordnung (120) gemäß Anspruch 20,  
wobei die Mustererzeugungseinrichtung (1500, 1500') zum Erzeugen eines  
mittels der Bildaufnahmeeinrichtung (124, 124') erfassbaren Musters,  
insbesondere einer Laserbeleuchtung, eingerichtet ist und relativ zu der  
5 Bildaufnahmeeinrichtung (124, 124') in vorbekannter Weise positioniert ist;  
wobei die Bildverarbeitungseinrichtung (126) zum derartigen Verarbeiten  
der Bilddaten der Abschnitte (600, 600') unter Verwendung des Musters oder der  
Muster und der vorbekannten Positionierung als Zuordnungsinformation  
eingerichtet ist, dass als das Bild ein dreidimensionales Reliefbild zumindest eines  
10 Teils der Abschnitte (600, 600') rekonstruiert wird.

23. Anordnung (120) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 17,  
wobei die Bildaufnahmeeinrichtung (124, 124') eine, insbesondere nur  
eine, Bildaufnahmeeinheit aufweist, die während des Rotierens des Bohrkopfes  
15 (150) zum zeitlich aufeinanderfolgenden Aufnehmen von Bilddaten von  
Abschnitten (600, 600') der Ortsbrust (122) ausgebildet ist;  
wobei die Anordnung (120) ferner eine Abstandserfassungseinrichtung zur  
Erfassung von für den Abstand zwischen einem Bezugspunkt des Bohrkopfes  
(150) und Koordinatenpunkten des den Bilddaten zugehörigen jeweiligen  
20 Abschnittes (600, 600') indikativen Abstandsdaten aufweist;  
wobei die Bildverarbeitungseinrichtung (126) zum derartigen Verarbeiten  
der Bilddaten der Abschnitte (600, 600') unter Verwendung der Abstandsdaten  
und zusätzlich einer vorbekannten Positionierung zwischen der  
Abstandserfassungseinrichtung und den Koordinatenpunkten als  
25 Zuordnungsinformation eingerichtet ist, dass als das Bild ein dreidimensionales  
Reliefbild zumindest eines Teils der Abschnitte (600, 600') rekonstruiert wird.

24. Anordnung (120) gemäß Anspruch 23, wobei die  
30 Abstandserfassungseinrichtung gewählt wird aus einem Element der Gruppe, die

besteht aus einer Lichtlaufzeitmesseinrichtung, insbesondere gemäß einem time-of-flight Verfahren, einer RADAR-Einrichtung und einer akustischen Laufzeitmesseinrichtung, insbesondere Echolot.

5 25. Tunnelbohrmaschine (180) zum Abtragen von Gesteinsmaterial einer Ortsbrust (122) eines Gebirges (102), wobei die Tunnelbohrmaschine (180) eine Anordnung (120) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 24 aufweist.

26. Verfahren zum Ermitteln eines Bildes zumindest eines Bereiches einer von  
10 einer Tunnelbohrmaschine (180) bearbeiteten Ortsbrust (122) eines Gebirges (102), wobei das Verfahren aufweist:

Rotieren eines Bohrkopfes (150) einer Tunnelbohrmaschine (180) zum Abtragen von Gesteinsmaterial der Ortsbrust (122);

15 Aufnehmen von Bilddaten von jeweiligen Abschnitten (600) der Ortsbrust (122) mittels einer an dem Bohrkopf (150) angebrachten Bildaufnahmeeinrichtung (124), insbesondere während der Bohrkopf (150) rotiert;

20 Verarbeiten von insbesondere während des Rotierens des Bohrkopfes (150) mittels der Bildaufnahmeeinrichtung (124) aufgenommenen Bilddaten von mehreren Abschnitten (600) der Ortsbrust (122), wodurch aus den Bilddaten der mehreren Abschnitte (600) ein Bild zumindest des Bereiches der Ortsbrust (122) rekonstruiert wird.

27. Verfahren gemäß Anspruch 26, wobei das Verarbeiten an der  
25 Tunnelbohrmaschine (180) oder an einer Nachbearbeitungsstelle, die von der Tunnelbohrmaschine (180) räumlich entfernt ist, durchgeführt wird.

28. Verfahren gemäß Anspruch 26 oder 27, wobei das Verarbeiten der  
30 Bilddaten derart durchgeführt wird, dass als das Bild ein dreidimensionales Reliefbild zumindest des Bereiches der Ortsbrust (122) rekonstruiert wird,

insbesondere unter Verwendung einer Anordnung (120) gemäß einem der Ansprüche 16 bis 24.

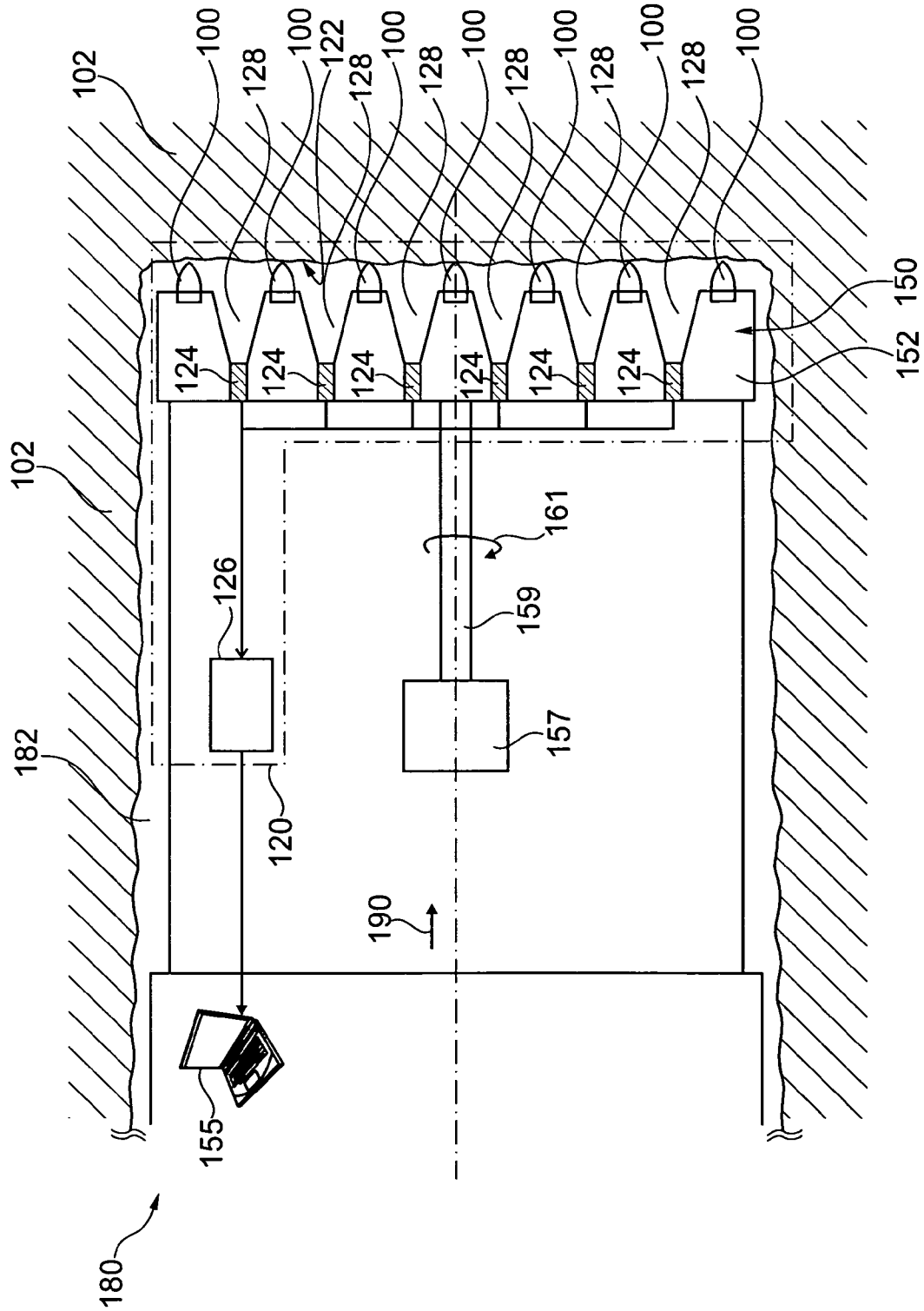


Fig. 1

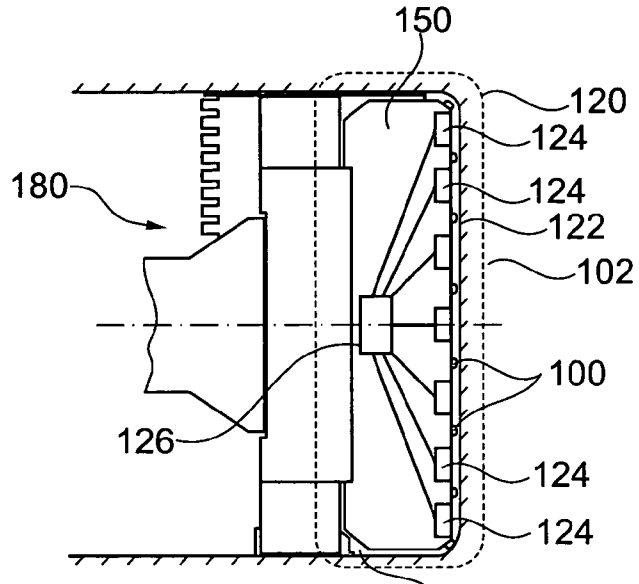


Fig. 2 182

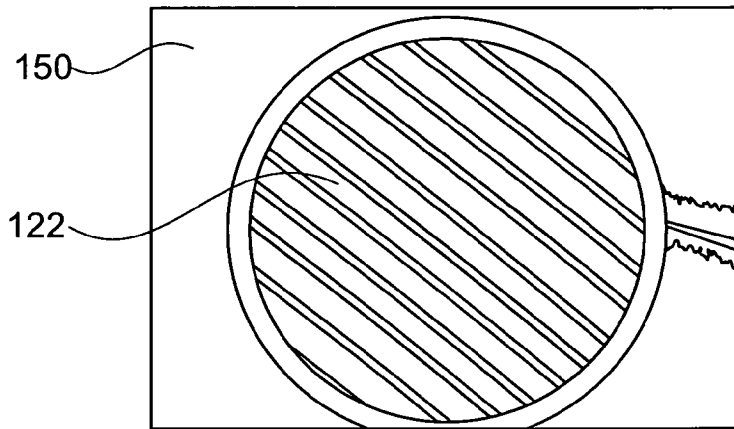


Fig. 3

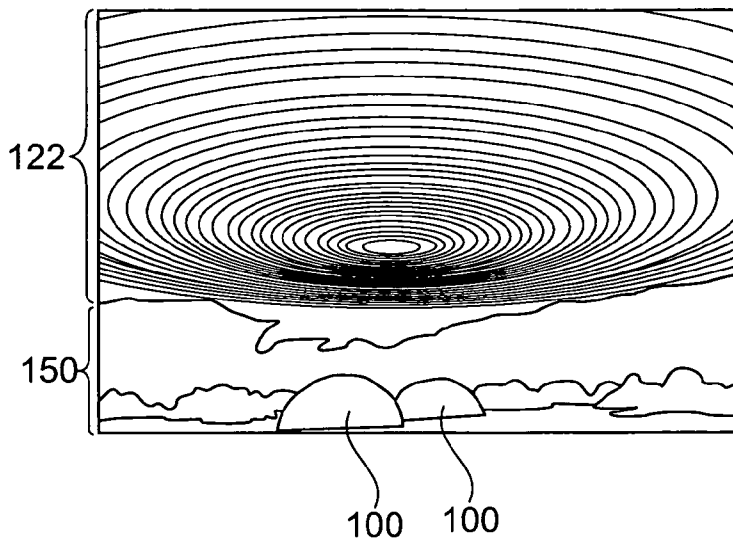


Fig. 4

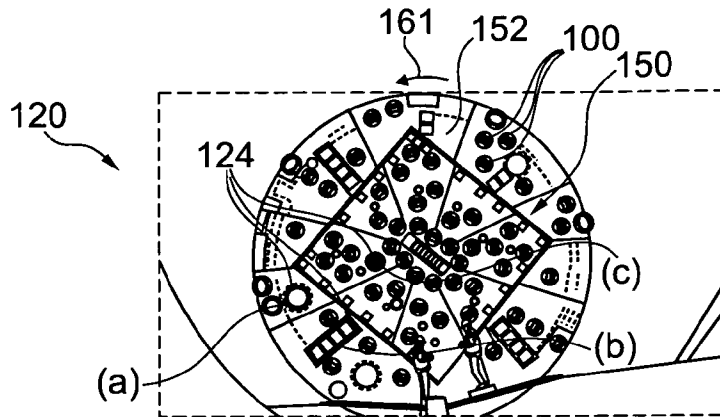


Fig. 5

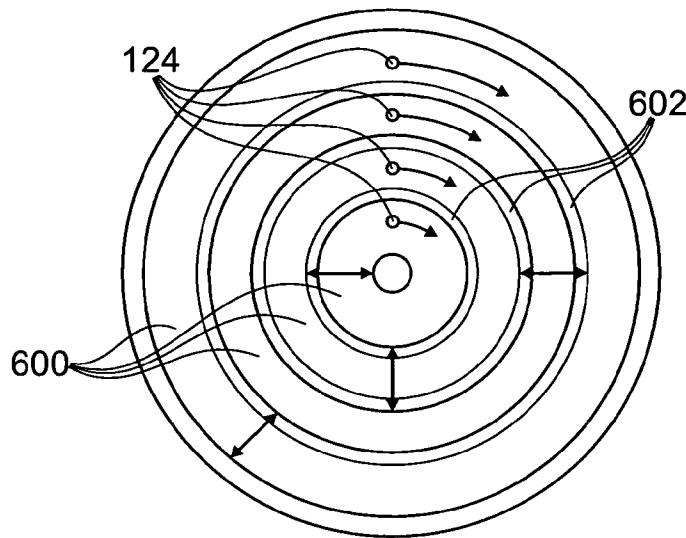


Fig. 6

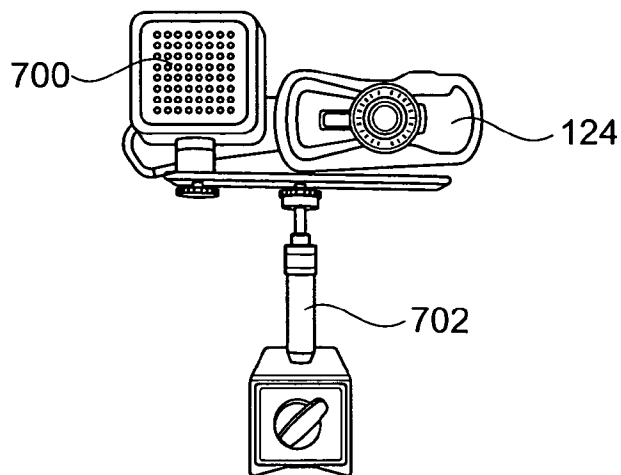


Fig. 7

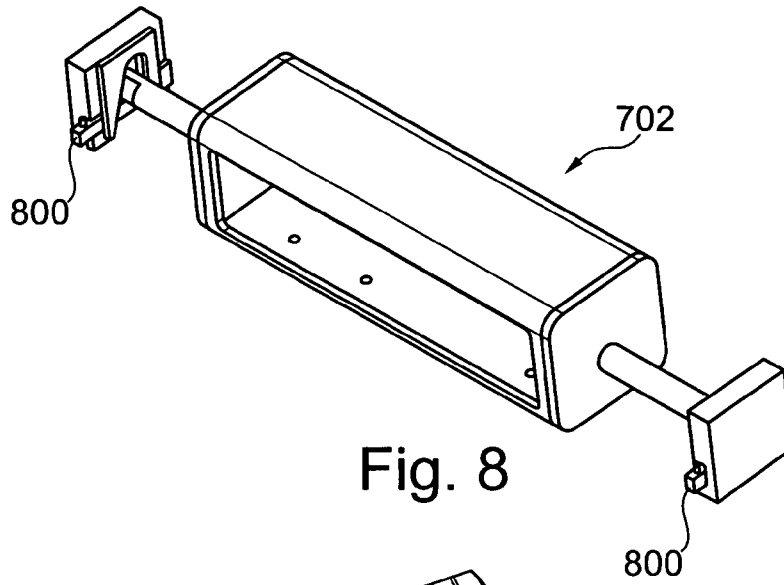


Fig. 8

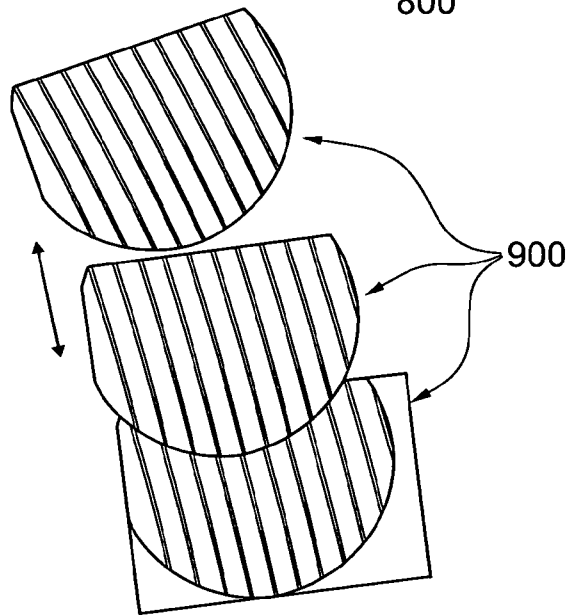


Fig. 9

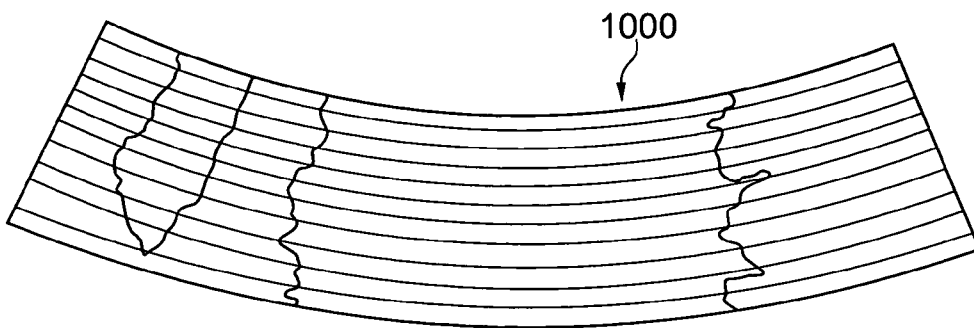


Fig. 10

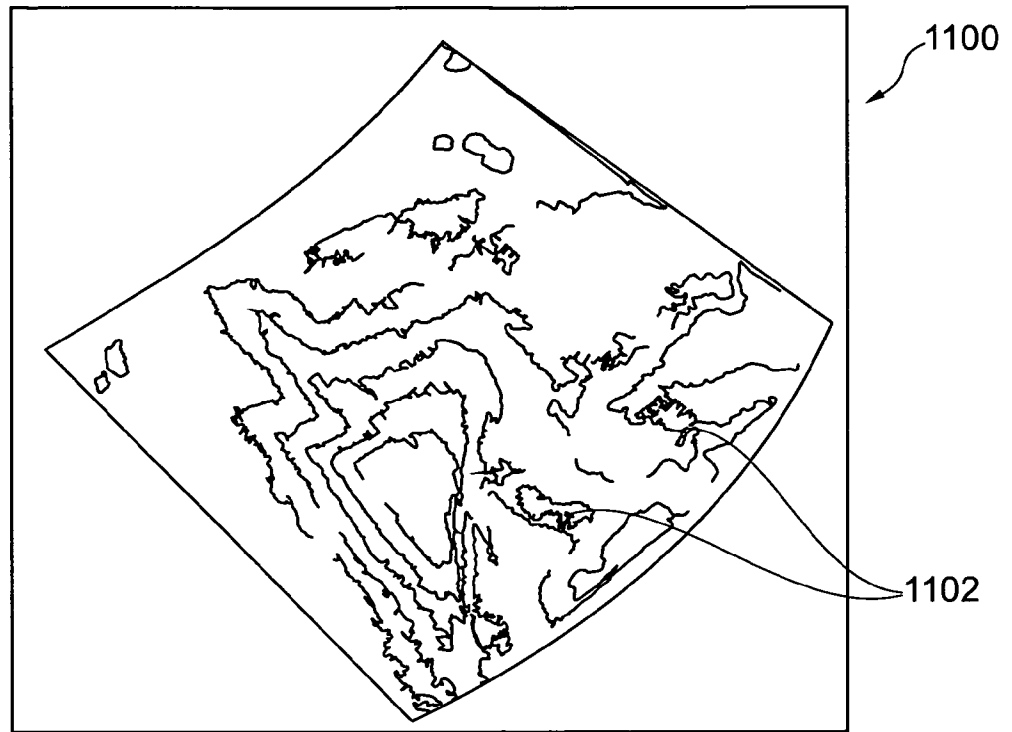


Fig. 11

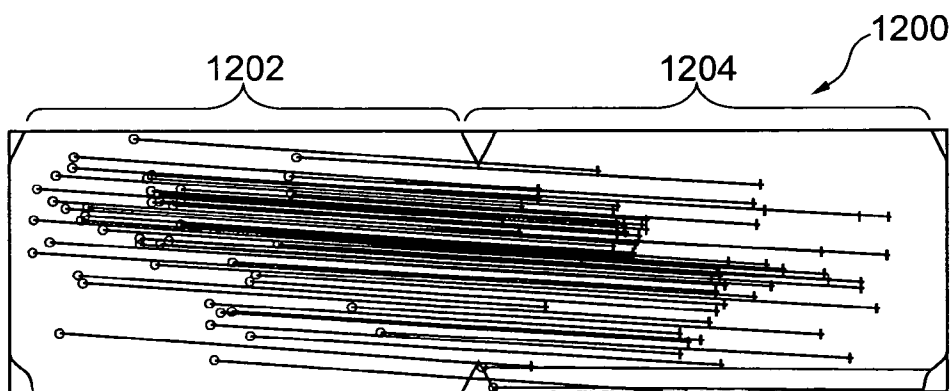


Fig. 12

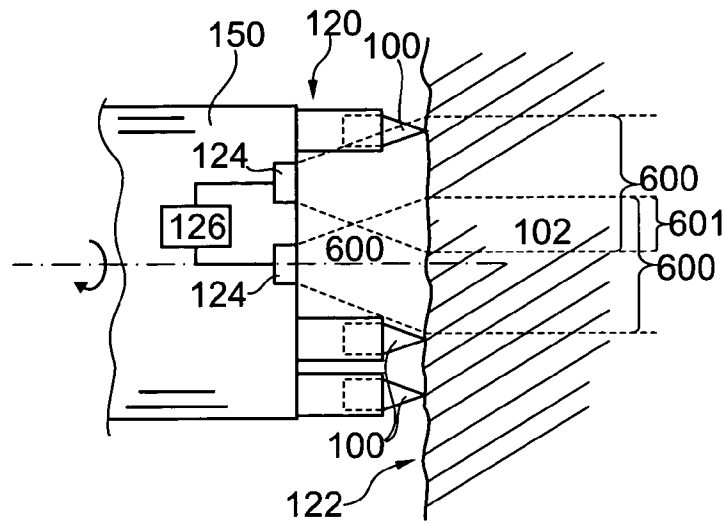


Fig. 13

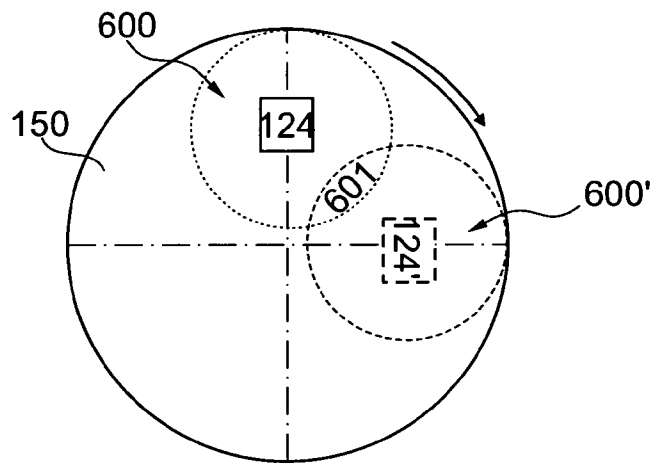


Fig. 14

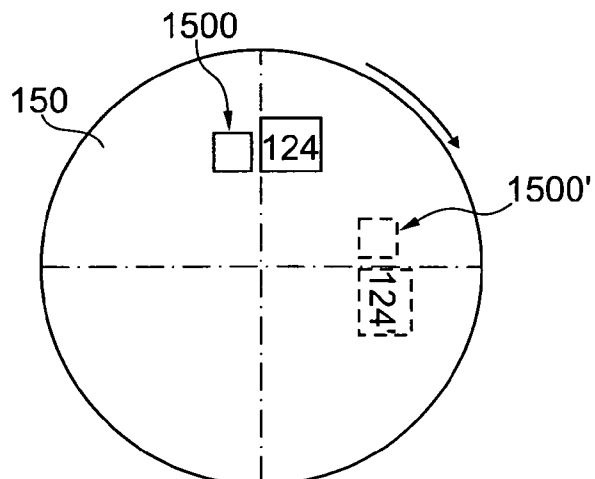


Fig. 15