

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
2. September 2010 (02.09.2010)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2010/097346 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:

G01C 1/04 (2006.01) G01C 15/00 (2006.01)  
G01C 1/06 (2006.01) G01C 15/06 (2006.01)  
G01C 5/00 (2006.01)

(74) Anwalt: KAMINSKI HARMANN PATENTAN-  
WAELTE EST.; Austrasse 79, FL-9490 Vaduz (LI).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2010/052129

(22) Internationales Anmeldedatum:  
19. Februar 2010 (19.02.2010)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
09153608.6 25. Februar 2009 (25.02.2009) EP

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): LEICA GEOSYSTEMS AG [CH/CH]; Heinrich-Wild-Strasse, CH-9435 Heerbrugg (CH).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): LAIS, Josef [DE/CH]; Sandgruebstrasse 16, CH-9437 Marbach (CH).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: LEVELING DEVICE AND LEVELING METHOD

(54) Bezeichnung: NIVELLIERGERÄT UND VERFAHREN ZUM NIVELLIEREN

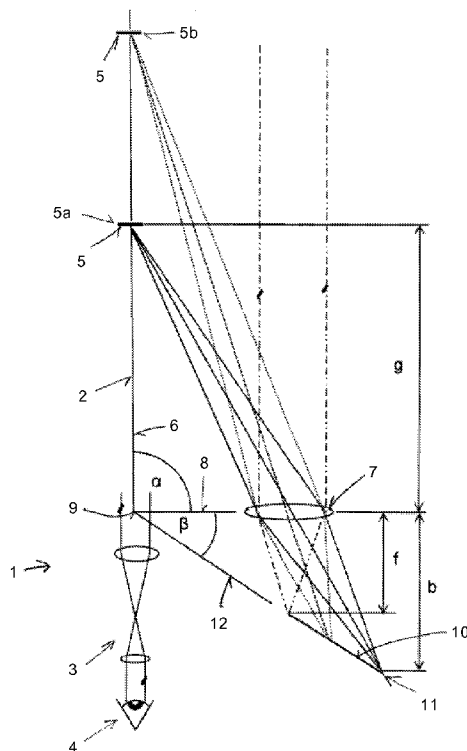


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a leveling device (1) having a sighting device that defines an alignment axis (2) and can be aligned with a leveling rod (5) for determining height, an imaging system, spatially separated from the sighting device, having an imaging lens (7) to which a lens primary plane (8) is allocated and a detector (11) having a recording surface (10) lying in an image plane (12) and an evaluation device (16) that is connected to the detector (11), wherein height information of the leveling rod (5) at the height of the alignment axis (2) can be provided as a measurement height by the evaluation device (16) using the detector information. A visual field (18) of the imaging system is defined by the imaging lens (7) and the detector (11) as the maximum angle range within which points can be registered by the imaging lens (7) by means of the recording surface (10) of the detector (11). According to the invention, the imaging lens (7) and the detector (11) are designed and arranged relative to one another and to a lens plane (6) comprising the alignment axis (2) such that all points of the lens plane (6) within the visual field (18) are simultaneously imaged in focus on the recording surface (10) of the detector (11).

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2010/097346 A1



SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, — mit geänderten Ansprüchen gemäss Artikel 19 Absatz 1  
GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz  
3)

---

Die Erfindung betrifft ein Nivelliergerät (1) mit einer, eine Ausrichtungsachse (2) definierenden, Anzeleinrichtung die zur Höhenbestimmung auf eine Messlatte (5) ausrichtbar ist, einem räumlich von der Anzeleinrichtung getrennten Abbildungssystem mit einem Abbildungsobjektiv (7), welchem eine Objektivhauptebene (8) zugeordnet ist, und einem Detektor (11), mit einer in einer Bildebene (12) liegenden Aufnahmeoberfläche (10), und einer Auswertungsvorrichtung (16), die mit dem Detektor (11) verbunden ist, wobei durch die Auswertungsvorrichtung (16) unter Verwendung der Detektorinformation eine Höheninformation der Messlatte (5) auf Höhe der Ausrichtungsachse (2) als Messhöhe bereitstellbar ist. Dabei wird durch das Abbildungsobjektiv (7) und den Detektor (11) ein Sichtfeld (18) des Abbildungssystems definiert als jener maximale Winkelbereich innerhalb welchem Punkte durch das Abbildungsobjektiv (7) mit der Aufnahmeoberfläche (10) des Detektors (11) erfassbar sind. Erfindungsgemäss sind das Abbildungsobjektiv (7) und der Detektor (11) derart ausgebildet sowie derart relativ zueinander und zu einer die Ausrichtungsachse (2) enthaltenden Objektebene (6) angeordnet, dass gleichzeitig sämtliche innerhalb des Sichtfelds (18) liegende Punkte der Objektebene (6) scharf auf der Aufnahmeoberfläche (10) des Detektors (11) abgebildet werden.

## Nivelliergerät und Verfahren zum Nivellieren

Die Erfindung bezieht sich auf ein Nivelliergerät nach dem Oberbegriff des Anspruches 1 und ein Verfahren zum Nivellieren bzw. Vermessen nach dem Oberbegriff des Anspruches 11.

Beim Vermessen bzw. Nivellieren werden Nivelliergeräte zusammen mit Messlatten eingesetzt. Ein Nivelliergerät umfasst ein Messfernrohr und eine Einrichtung beispielsweise in der Form einer Libelle, welche die im Wesentlichen horizontale Ausrichtung der optischen Achse des Messfernrohrs gewährleistet. Wenn das Nivelliergerät auf einem Dreifuss montiert ist, so kann mit drei verstellbaren Fusseschrauben des Dreifusses der Messhorizont hergestellt werden, indem die Libelle eingespielt wird. Nebst der Grobhorizontierung mit einer Dosenlibelle kann auch eine Feinhorizontierung durchgeführt werden, wobei beispielsweise eine genauere Röhrenlibelle eingesetzt wird. Mit Hilfe eines Kompensators ist es möglich die Zielachse des Nivelliergerätes auch ohne Präzisionslibelle zu horizontieren. Zumindest ein Teil der Restneigung des Zielstrahles, die nach der Vorhorizontierung mit der Dosenlibelle verbleibt, wird unter Ausnutzung der Schwerkraft durch den Kompensator ausgeglichen. Der Kompensator kann unerwünschte Schwingungen mit einer Dämpfung schwächen.

Beim Blick durch das Fernrohr auf die Nivellierlatte kann der lotrechte Abstand zwischen dem Lattenaufsatzpunkt und dem Horizont ermittelt werden. Nivellierlatten weisen beispielsweise eine Höhe von 4 m auf. Zumindest auf einem Längsbereich befindet sich ein genauer Massstab. Der Nullpunkt der Teilung ist der

Lattenaufsatzpunkt. Es sind dabei verschiedene Ausführungen für Nivellierlatten bekannt, wobei diese beispielsweise auf der Rückseite eine Dosenlibelle und einen Griff aufweisen können. Durch Einspielen der Libelle wird die Latte lotrecht gehalten. Es gibt auch  
5 Latten, die mindestens eine weitere Teilung umfassen.

In Kombination mit digitalen Nivelliergeräten, welche den anvisierten Bereich auf einen Sensorarray abbilden und eine Auswertung dieser Abbildung durchführen, werden  
10 entsprechende Digitalnivellierlatten eingesetzt. Eine solche Messlatte kann vom Gerät automatisch abgelesen und die Daten können ausgewertet und gespeichert werden. Um das Nivellieren zu automatisieren, sind - neben den Auswerte- und Speicherelementen des Nivelliergerätes -  
15 auch Messlatten mit mindestens einer automatisch auswertbaren Codierung erforderlich.

Bei den bekannten digitalen Nivelliergeräten umfasst das Fernrohr zumindest ein Objektiv, eine Fokussiereinrichtung, einen Strahlteiler, ein Strichkreuz, ein  
20 Okular und einen Detektor mit dem Sensorarray. Mit dem optischen System kann bereits eine Lattenablesung von Auge erfolgen. Da ein Teil des Lichtes im Strahlteiler auf einen Detektor für die elektronische Bildumwandlung umgelenkt wird, kann die Datenerfassung auch automatisch  
25 erfolgen. Der Strahlteiler kann z.B. derart als Bandpassfilter ausgebildet sein, dass für das Auge wichtige Spektralbereiche der elektromagnetischen Strahlung zum Okular weitergeleitet und andere spektrale Anteile dem Sensorarray zugeführt werden.

30 Der Messablauf wird durch eine Prozessoreinheit gesteuert, die nicht nur die Messung in Echtzeit auswertet, sondern auch Korrekturen anbringen kann,

welche von den Umgebungsbedingungen - beispielsweise von der Temperatur - abhängen, wofür verschiedene Auswertelgorithmen bekannt sind. Die meisten verwenden dabei einen Abschnitt der Teilung und bestimmen neben der  
5 anvisierten Höhe auch eine Distanz.

Vom Detektor wird das empfangene codierte Muster der Latte in digitale Daten umgewandelt. Weiters wird die Position der Fokussierlinse durch den Fokusgeber aufgezeichnet. Aus dieser Stellung lässt sich die  
10 ungefähre Distanz zwischen Gerät und Latte ermitteln. In einem Entfernungsbereich von 1,80 m bis 100 m verschiebt sich die Fokussierlinse beispielsweise um ca. 14 mm. Bei den bekannten Lösungen wird die aus der Ermittlung der Position der Fokussierlinse abgeleitete Distanz nicht  
15 genügend genau bestimmt. Zudem ist das Verstellen der Fokussierlinse zeitaufwändig.

Beim Vermessen mit einem digitalen Nivelliergerät muss im ersten Schritt wie bei einem herkömmlichen Verfahren die Nivellierlatte angezielt und fokussiert werden.  
20 Nachdem die Messtaste betätigt wurde, wird die Stellung der Fokussierlinse registriert und der Kompensator überwacht. Im darauf folgenden Schritt wird die Zielhöhe und die Distanz näherungsweise bestimmt. Schliesslich wird im letzten Schritt die genaue Höhe und der Abstand  
25 mit Auswertungs- insbesondere Korrelationsverfahren ermittelt. Um eine Korrelation durchführen zu können, muss ein Referenzsignal gespeichert sein, welches der Abbildung der Nivellierlatte entspricht. Die Höhe kann beispielsweise ermittelt werden, indem das Messsignal so  
30 lange verschoben wird, bis Referenzsignal und Messsignal bestmöglich übereinstimmen. Die Verschiebung des Messsignals entspricht der gesuchten Höhe. Weil das Messsignal in Abhängigkeit von der Entfernung

unterschiedlich gross abgebildet wird, muss zuvor der Massstab des Messsignals an den Massstab des Referenzsignals angeglichen werden.

Digitale Nivelliergeräte sind beispielsweise aus den Patentschriften DE 36 18 513 C2, DE 198 33 996 C1, EP 1 066 497 B1 und DE 198 04 198 B4 bekannt, wobei die Detektoren der letzten beiden Schriften zweidimensionale Sensorarrays umfassen. Die EP 0 066 497 B1 beschreibt ein Auswertungsverfahren bei dem eine schiefe Lage der Messlatte ermittelt bzw. kompensiert wird. Zudem wird für eine genaue Entfernungbestimmung ein zusätzlicher Entfernungsmesser vorgeschlagen, was den Geräte- und Auswertungsaufwand erhöht. Die DE 198 04 198 B4 beschreibt Ausführungsformen, bei denen die Bildsignale mittels Fouriertransformationen ausgewertet werden, was die Korrelation mit dem Referenzsignal der Messlatte verbessert.

EP 0 808 447 B1 beschreibt eine Vorrichtung, bei der die Abbildungsoptik eine Mehrzahl von unterschiedlich abbildenden Pupillenzonen aufweist, welchen ortsauflösende optoelektronische Detektoren oder Teilbereiche eines ortsauflösenden optoelektronischen Detektors zugeordnet sind, sodass die Abbildungsoptik eine simultane Abbildung aus unterschiedlichen Entfernungsbereichen ermöglicht. Der Aufbau dieser Vorrichtung ist relativ aufwändig und es gibt Abstandsbereiche, die von keiner Pupillenzone scharf abgebildet werden.

Bei den bekannten Lösungen ist das Bereitstellen von auswertbaren Informationen einer anvisierten Messlatte unabhängig von deren Abstand zum Nivelliergerät aufwändig. Zudem können bei der Höhenbestimmung kleine Abweichungen von der horizontalen Ausrichtung des

Fernrohrs bzw. des Nivelliergerätes nicht mit kleinem Aufwand korrigiert werden.

Eine Aufgabe besteht nun darin, eine Lösung zu finden, mit der auswertbare Informationen einer anvisierten  
5 Messlatte in einem grossen Abstandsbereich zum digitalen Nivelliergerät einfach bereitgestellt werden können. Insbesondere soll dabei die Abbildungsoptik weniger Fehleranfällig sein, sodass ein robusteres und präziseres Bestimmen der Höheninformation ermöglicht wird.

10 Ausserdem sollen als weitere, spezielle Aufgabe auch exakte Höhenwerte bestimmt werden können, wenn kleine Abweichungen von der horizontalen Ausrichtung des Nivelliergerätes auftreten.

Diese Aufgaben werden durch die Verwirklichung der  
15 kennzeichnenden Merkmale der unabhängigen Ansprüche gelöst. Merkmale, die die Erfindung in alternativer oder vorteilhafter Weise weiterbilden, sind den abhängigen Patentansprüchen zu entnehmen.

In einem ersten Schritt der Erfindung wurde erkannt,  
20 dass das Verfahren zum Nivellieren und das Nivelliergerät einfacher werden, wenn das Nivelliergerät eine Fernrohroptik und ein davon räumlich getrenntes Abbildungssystem mit eigener Abbildungsoptik aufweist. Dadurch wird das Bereitstellen einer auswertbaren  
25 Informationen einer anvisierten Messlatte von der Fernrohroptik und insbesondere von einer Fokussier- einrichtung des Fernrohres getrennt.

Wenn das Fernrohr nur zum Anvisieren eines Objektes (Messlattenabschnitt) aber nicht zum Ablesen der

Objektinformation (Massstab) verwendet wird, so ist es nicht nötig, dass die Fernrohr-Fokussierung genau auf den Abstand zur Messlatte eingestellt wird. Gegebenenfalls wird auf ein Fokussieren verzichtet, was  
5 den Vermessungsablauf vereinfacht. Es versteht sich von selbst, dass dann anstelle eines Fernrohres auch gegebenenfalls eine Visiereinrichtung eingesetzt werden kann. Das Fernrohr oder die Visiereinrichtung definieren  
10 zumindest eine Fernrohr- bzw. Visierachse, welche als Ausrichtungssachse des Nivelliergerätes bezeichnet wird.

In einem zweiten Schritt der Erfindung wurde erkannt, dass die anhand des Abbildungssystems durchgeführten Messungen robuster und präziser werden, falls kein Verstellen der Fokusposition der Abbildungsoptik und/oder  
15 des Detektors in Abhängigkeit von einer Messlatten-Entfernung notwendig ist, da ein Verschieben von optischen Komponenten des Abbildungssystems stets die Gefahr von Abweichungen in der Fokussierlinie birgt und somit Ablauffehler auftreten können.

20 Bei einem erfindungsgemässen digitalen Nivelliergerät ist daher das Abbildungssystem örtlich getrennt von der Anzeleinrichtung angeordnet. Das Abbildungssystem weist dabei zumindest ein Abbildungsobjektiv auf, dem eine Objektivhauptebene zugeordnet ist, sowie einen Detektor  
25 mit einer in einer Bildebene liegenden Aufnahmeoberfläche. Die optische Achse der Anzeleinrichtung, die insbesondere als Zielfernrohr ausgeführt sein kann, bildet dabei eine Ausrichtungssachse, die zur Höhenbestimmung auf eine Messlatte ausrichtbar ist.

30 Die Ausbildungs- und Anordnungsweise des Abbildungsobjektivs und des nachgeordneten Detektors wird ein Erfassungsbereich des Abbildungssystems definiert als

jener Winkelbereich, innerhalb wessen im Sichtfeld des Abbildungssystems befindliche Punkte auf der Aufnahmeoberfläche des Detektors abgebildet werden können.

- 5 Unter dem Erfassungsbereich, für welchen im weiteren auch der Begriff Sichtfeld in synonyme Weise verwendet wird, ist somit der maximale Winkelbereich des Abbildungssystems zu verstehen, innerhalb welchem Punkte durch das Abbildungsobjektiv mit der Aufnahmeoberfläche des Detektors erfassbar sind.
- 10 Es handelt sich somit um ein Nivelliergerät mit
- o einer Ausrichtungsachse, welche zur Höhenbestimmung auf eine Messlatte ausrichtbar ist,
  - o einem Abbildungsobjektiv, dem eine Objektivhauptebene zugeordnet ist,
  - 15 o einem Detektor, mit einer in einer Bildebene liegenden Aufnahmeoberfläche, und
  - o einer Auswertungsvorrichtung, die mit dem Detektor verbunden ist.

20 Dabei sind durch das Abbildungsobjektiv Objekte innerhalb eines Erfassungsbereichs auf die Aufnahmeoberfläche des Detektors abbildbar und durch die Auswertungsvorrichtung unter Verwendung der Detektorinformation eine Höheninformation zu einem abgebildeten Objekt bereitstellbar.

- 25 Gemäss der vorliegenden Erfindung sind dabei das Abbildungsobjektiv und der Detektor derart ausgebildet sowie derart relativ zueinander und zu einer die Ausrichtungsachse enthaltenden Objektebene angeordnet, dass gleichzeitig sämtliche innerhalb des Sichtfelds bzw.
- 30 Erfassungsbereichs liegende Punkte der Objektebene scharf auf der Aufnahmeoberfläche des Detektors abgebildet werden.

Der Detektor ist des Weiteren mit einer Auswertungsvorrichtung verbunden, die zur Bestimmung und Bereitstellung einer Höheninformation zu einem auf der Aufnahmeoberfläche abgebildeten Objekt - unter Verwendung der Detektorinformation - ausgebildet ist.

Beispielsweise kann der erfindungsgemässe Effekt, dass entfernungsunabhängig sämtliche innerhalb des Erfassungsbereichs liegende Punkte der Objektebene scharf auf der Aufnahmeoberfläche des Detektors abgebildet werden, dadurch gewährleistet werden, dass das Abbildungsobjektiv eine einfallswinkelabhängig über den Erfassungsbereich variierende Brennweite aufweist. Z.B. kann das Abbildungsobjektiv eine Bildfeldwölbung in einer, insbesondere horizontalen, Achse aufweisen oder eine diffraktive Struktur, welche die winkelabhängige - insbesondere azimutwinkelabhängige - Variation der Brennweite des Abbildungsobjektivs erzeugt.

Alternativ dazu können das Abbildungsobjektiv und der Detektor auch derart relativ zueinander und relativ zur Anzeleinrichtung bzw. zur dadurch definierten Ausrichtungsachse angeordnet sein, dass die Objektivhauptebene, die Bildebene und die Objektebene die Scheimpflug-Bedingung erfüllen. Auch dadurch kann erfindungsgemäss gewährleistet werden, dass entfernungsunabhängig sämtliche innerhalb des Erfassungsbereichs liegende Punkte der Objektebene scharf auf der Aufnahmeoberfläche des Detektors abgebildet werden.

Insbesondere wird die Scheimpflug-Bedingung dabei erfüllt, falls sich die Objektebene, die Bildebene und die Objektivhauptebene in einer gemeinsamen Linie bzw. Geraden schneiden. D.h., falls sich die Objektivhauptebene, die Bildebene und die Objektebene,

welche die Ausrichtungsachse umfasst, in einer gemeinsamen Schnittlinie schneiden, kann die gewünschte scharfe Abbildung der sich in der Objektebene befindenden Objekte ohne Verstellungsaufwand während der Messung  
5 entfernungsunabhängig gewährleistet werden. Dadurch können eine fehlerunanfällige, robuste und dennoch hochpräzise Erfassung des Messlatten-Codes und somit eine verbesserte Bestimmung der Höheninformation ermöglicht werden.

10 Gegenüber den aus dem Stand der Technik bekannten Lösungen hat die erfindungsgemässe Lösung somit den Vorteil, dass sie beim Wechsel von einer ersten zu einer weiteren Distanz ohne Fokussieraufwand eine Höhenablesung an einem scharf abgebildeten Code durchführen  
15 kann.

Hinsichtlich der Ausführungsform des erfindungsgemässen Nivelliergeräts, bei der sich die Objektivhauptebene, die Bildebene und die Objektebene in einer Linie schneiden, ist insbesondere zwischen der Objektebene und der  
20 Objektivhauptebene ein Winkel  $\alpha$  und zwischen der Objektivhauptebene und der Bildebene ein Winkel  $\beta$  ausgebildet. Die Scheimpflugsche Regel gewährleistet, dass bei einer scharfen Abbildung eines Punktes der Objektebene auf die Bildebene, insbesondere auf die  
25 Aufnahmeoberfläche des Detektors, auch alle anderen Punkte der Objektebene, die auf die Aufnahmeoberfläche des Detektors abgebildet werden, dort scharf abgebildet sind.

Von der Schnittlinie aus liegen das Zentrum des  
30 Abbildungsobjektivs in einem Objektivabstand und das Zentrum der Aufnahmeoberfläche des Detektors in einem Detektorabstand. Die beide Zentren können sich dabei im

Wesentlichen in einer gemeinsamen, die Ausrichtungsachse umfassenden Normalebene zur Schnittlinie befinden. Bei einem geringen Abstand zwischen Abbildungssystem und Zielfernrohr verläuft die Abbildungslinie von einem Punkt der Objektivenebene zu einem abgebildeten Punkt auf der Aufnahmeoberfläche also unter einem spitzen Winkel zur Ausrichtungsachse.

Um zu gewährleisten, dass ein gewünschter Distanzbereich der Ausrichtungsachse auf die Aufnahmeoberfläche des Detektors abgebildet wird, müssen die Winkel  $\alpha$  und  $\beta$ , der Objektivabstand, der Detektorabstand sowie die Ausdehnung der Aufnahmeoberfläche des Detektors normal zur Schnittlinie entsprechend gewählt werden. Dabei wird der Abbildungsmaßstab durch die Wahl der Winkel  $\alpha$  und  $\beta$  bestimmt. Weil der Winkel  $\alpha$  vorzugsweise im Bereich von  $80^\circ$  bis  $90^\circ$ , insbesondere im Wesentlichen bei  $90^\circ$  liegt, wird der Abbildungsmaßstab im Wesentlichen vom Winkel  $\beta$  bestimmt.

Der Abbildungsmaßstab und das Ausmass der Aufnahmeoberfläche des Detektors normal zur Schnittlinie hängen mit dem gewünschten Distanzbereich zusammen, sodass bei vorgegebenem Distanzbereich und bei einem vorgegebenen Ausmass der Aufnahmeoberfläche des Detektors normal zur Schnittlinie der Abbildungsmaßstab und damit der Winkel  $\beta$  so gewählt werden muss, dass der gewünschte Distanzbereich auf die Aufnahmeoberfläche des Detektors abgebildet werden kann.

Nach der Wahl eines Objektivabstands kann entsprechend dem gewünschten Distanzbereich auch der für die richtige Abbildung benötigte Detektorabstand festgelegt werden.

Nach dem Festlegen der Winkel  $\alpha$  und  $\beta$ , des Objektivabstands, des Detektorabstands und der Ausdehnung der Aufnahmeoberfläche des Detektors normal zur Schnittlinie kann die für eine scharfe Abbildung benötigte Brennweite des Abbildungsobjektivs festgelegt werden. Damit ein Punkt der Objektebene von einer Linse scharf auf einen Punkt der Aufnahmeoberfläche des Detektors abgebildet wird, muss bei dieser Abbildung die Gegenstandsweite  $g$ , die Bildweite  $b$  und die Brennweite  $f$  des Abbildungsobjektivs bzw. der Linse die Linsengleichung  $1/f=1/g+1/b$  erfüllen, sodass gilt  $f=b*g/(b+g)$ .

Bezüglich sämtlichen Ausführungsformen der Erfindung können ausserdem die folgenden Weiterbildungen Anwendung finden.

Weil die Brechzahl von der Ausbreitungsgeschwindigkeit des Lichtes in der Linse abhängt, ergeben sich farbabhängige Abbildungsfehler. Dies kann durch die Abstimmung der Linse auf die Farbe für die Codierung und/oder die Wahl des Frequenzbereichs, der vom Detektor erfasst wird, berücksichtigt werden.

Der Detektor umfasst vorzugsweise einen zweidimensionalen Sensorarray, welcher für ein scharf abgebildetes Objekt in einer ersten Richtung die Position auf der Ausrichtungsachse und vorzugsweise quer dazu in einer zweiten Richtung eine Höheninformation des Objektes erfasst. Die Positionsbestimmung auf der Ausrichtungsachse entspricht einer Triangulations-Distanzmessung und ist bei einer feinen Auflösung des Sensorarrays entsprechend genau. Die Bestimmung der Höheninformation kann gemäss einer beliebigen aus dem Stand der Technik bekannten Codeauswertung durchgeführt werden.

Weil aus der Triangulations-Distanzmessung die Distanz zum Objekt und aus den Abbildungsparametern des Nivelliergerätes der Abbildungsmaßstab bekannt sind, kann das abgebildete Objekt für einen Vergleich mit einem gespeicherten Höhencode richtig skaliert werden, was die Auswertung erleichtert. Die Distanzbestimmung kann mit kleinerem Aufwand als bei den Lösungen gemäss dem Stand der Technik durchgeführt werden, was ein weiterer Vorteil ist. Zudem kann die Genauigkeit der Distanzbestimmung einfach erhöht werden, in dem die Auflösung des Sensorarrays in der ersten Richtung erhöht wird. Gegebenenfalls wird auch der Abbildungsmaßstab durch die Wahl eines grösseren Winkels  $\beta$  erhöht.

Es versteht sich von selbst, dass zusätzlich auch die aus dem Stand der Technik bekannten Korrekturen bei schief stehender Messlatte durchgeführt werden können.

Ebenso ist es möglich, dass die Höheninformationen, bzw. entsprechende Codeabschnitte, quer zur Längsrichtung der Messlatte angeordnet werden und daher in der ersten Richtung des Sensorarrays abgebildet werden. Bei einer solchen Ausführungsform kann die Verwendung eines eindimensionalen Sensorarrays genügen.

Der Sensorarray ist beispielsweise als ein Diodenarray ausgebildet, wobei jedoch auch weitere dem Fachmann bekannte, flächige Sensoranordnungen mit einer Auslesung in zwei Ausleserichtung eingesetzt werden können. Vorzugsweise handelt es sich bei den Sensoren um Flächenarrays mit einer Auflösung, welche die Lage von Codestrichen erfassbar macht. Es ist ebenfalls möglich, zwischen der Aufnahmeoberfläche des Detektors und dem auswertenden Sensor eine Übertragungseinrichtung einzusetzen, welche die gewünschte Bildinformation durch

eine serielle Abbildung der Aufnahmeoberfläche auf einen Sensor mit einer kleineren räumlichen Auflösung ermittelt. Eine Übertragungseinrichtung kann insbesondere auch lediglich eine optische Abbildung auf einen  
5 von der Aufnahmeoberfläche entfernten Detektor gewährleisten.

Weil auch bei einer möglichst genauen horizontalen Ausrichtung der Ausrichtungsachse diese etwas von der exakten horizontalen Richtung abweichen kann, wird  
10 vorzugsweise ein Neigungssensor mit der Auswertungsvorrichtung verbunden. Der Neigungssensor bestimmt einen Abweichungswinkel  $\gamma$  zwischen der Ausrichtungsachse und einer horizontalen Ausrichtungslinie in der Objektebene. Die Auswertungsvorrichtung ermittelt die Höheninformation unter Verwendung des Abweichungswinkels  $\gamma$  und der  
15 Position des abgebildeten Objekts auf der Ausrichtungsachse. Dadurch kann mit einfachen Mitteln eine sehr hohe Genauigkeit erzielt werden.

Wenn der Bereich entlang der Ausrichtungsachse, welcher  
20 auf die erste Aufnahmeoberfläche eines ersten Detektors abgebildet wird, nicht genügt, so kann mindestens ein weiterer Detektor eingesetzt werden, dessen weitere Aufnahmeoberfläche in einer weiteren Bildebene liegt, welche die gemeinsame Schnittlinie umfasst. Zwischen der  
25 Objektivhauptebene und der Bildebene liegt ein Winkel  $\beta'$ . Vorzugsweise erfolgt die Abbildung auf den zweiten Detektor durch ein weiteres Abbildungsobjektiv, dem eine weitere Objektivhauptebene zugeordnet ist, welche die gemeinsame Schnittlinie umfasst. Alternativ  
30 können jedoch auch zwei Abbildungsobjektive und nur ein Detektor verwendet werden.

Die Abbildungsparameter werden so gewählt, dass das weitere Abbildungsobjektiv Objekte eines weiteren Erfassungsbereichs auf die weitere Aufnahmeoberfläche des weiteren Detektors abbildet und die Auswertungs-  
5 vorrichtung unter Verwendung der Information des weiteren Detektors eine Höheninformation zu einem abgebildeten Objekt bereitstellt.

Aufgrund der hohen Messgenauigkeit des erfindungsgemässen Nivelliergerätes gewinnt eine Kompensation der Brechungsindexschwankungen in der Luft an Bedeutung. Die  
10 Kompensation kann durch Ausnutzung der Dispersion erfolgen. Dazu ist es nötig, die gleiche Messung mit mindestens zwei Wellenlängen durchzuführen. Aus den gefundenen Messdifferenzen kann ein theoretischer  
15 Höhenwert im Vakuum extrapoliert werden.

Die Zeichnungen erläutern die Erfindung anhand von Darstellungen zum Stand der Technik und zu einem Ausführungsbeispiel der Erfindung. Dabei zeigen

20 Fig. 1 eine schematische Darstellung eines horizontalen Schnittes durch eine Nivellieranordnung in einer ersten erfindungsgemässen Ausführungsform;

Fig. 2 eine schematische Darstellung eines vertikalen Schnittes durch eine erfindungsgemässe Nivellieranordnung;

25 Fig. 3 eine perspektivische Darstellung eines erfindungsgemässen Nivelliergerätes mit zwei Abbildungssystemen;

- Fig. 4 eine schematische Darstellung eines horizontalen Schnittes durch eine Nivellieranordnung in einer zweiten erfindungsgemässen Ausführungsform;
- 5 Fig. 5 eine schematische Darstellung eines vertikalen Schnittes durch eine Nivellieranordnung zur näheren Erläuterung der in Figur 4 abgebildeten Ausführungsform; und
- 10 Fig. 6 eine schematische Darstellung eines horizontalen Schnittes durch eine Nivellieranordnung in einer dritten erfindungsgemässen Ausführungsform.

Figur 1 zeigt ein erstes, schematisch dargestelltes Beispiel für ein erfindungsgemässes Nivelliergerät 1, dessen Ausrichtungsachse 2 in der dargestellten Ausführungsform die Achse eines Fernrohrs 3 ist. Ein

15 Benutzer 4 richtet die Ausrichtungsachse 2 auf eine Messlatte 5, die an zwei verschiedenen Positionen 5a und 5b auf der Ausrichtungsachse 2 dargestellt ist. Die vertikale Ebene mit der Ausrichtungsachse 2 wird als Objektebene 6 bezeichnet.

20 Ein Abbildungsobjektiv 7 ist in einer Objektivhauptebene 8 dargestellt, welche bei einer horizontal ausgerichteten Ausrichtungsachse 2 eine vertikale Ebene ist. Die Objektebene 6 und die Objektivhauptebene 8 schneiden sich in einer Schnittlinie 9 und schliessen den Winkel  $\alpha$

25 zwischen sich ein.

Die Aufnahmeoberfläche 10 eines Detektors 11 liegt in einer Bildebene 12. Die Bildebene 12 schneidet die Objektivhauptebene 8 und die Objektebene 6 in der Schnittlinie 9. Zwischen der Objektivhauptebene 8 und

der Bildebene 12 ist ein Winkel  $\beta$  ausgebildet. Durch diese Anordnung der Bildebene 12, der Objektivhauptebene 8 und der Objektebene 6 mit der gemeinsamen Schnittlinie 9 wird gewährleistet, dass alle Objekte in der  
5 Objektebene, die innerhalb eines Distanzbereiches liegen, unabhängig von ihrer Position ohne Verstellungsaufwand scharf auf die Aufnahmeoberfläche 10 abgebildet werden, wenn die scharfe Abbildung bei einer Position gewährleistet ist.

10 Die Scheimpflug-Bedingung ist gewährleistet und es kann daher auf eine Verstellung der Fokussierung des Abbildungsobjektivs 7 verzichtet werden. Bei einer Verschiebung der Messlatte 5 von einer ersten Position 5a zu einer weiteren Position 5b kann ohne  
15 Fokussieraufwand eine Höhenablesung an einem im Wesentlichen scharf abgebildeten Code durchgeführt werden.

Das Abbildungsobjektiv 7 bildet Objekte der Messlatte 5 auf die Aufnahmeoberfläche 10 des Detektors 11 ab und  
20 eine Auswertungsvorrichtung stellt unter Verwendung der Detektorinformation eine Höheninformation zu einem abgebildeten Objekt bereit.

Von der Schnittlinie 9 aus liegen das Zentrum des Abbildungsobjektivs 7 in einem Objektivabstand und das  
25 Zentrum der Aufnahmeoberfläche 10 des Detektors 11 in einem Detektorabstand. Beide Zentren befinden sich im Wesentlichen in einer gemeinsamen Normalebene zur Schnittlinie, welche Normalebene auch die Ausrichtungsachse 2 umfasst.

Um zu gewährleisten, dass ein gewünschter Distanzbereich der Ausrichtungsachse 2 auf die Aufnahmeoberfläche 10 des Detektors 11 abgebildet wird, müssen die Winkel  $\alpha$  und  $\beta$ , der Objektivabstand, der Detektorabstand und die Ausdehnung der Aufnahmeoberfläche 10 des Detektors 11 normal zur Schnittlinie 9 richtig gewählt werden. Dabei wird der Abbildungsmaßstab durch die Wahl der Winkel  $\alpha$  und  $\beta$  bestimmt. Weil der Winkel  $\alpha$  vorzugsweise im Bereich von  $80^\circ$  bis  $90^\circ$ , in der dargestellten Ausführungsform im Wesentlichen bei  $90^\circ$  liegt, wird der Abbildungsmaßstab im Wesentlichen vom Winkel  $\beta$  bestimmt.

Der Abbildungsmaßstab und die Größe der Aufnahmeoberfläche 10 des Detektors 11 normal zur Schnittlinie 9 hängen mit dem gewünschten Distanzbereich zusammen, so dass bei vorgegebenem Distanzbereich und bei einer vorgegebenen Größe der Aufnahmeoberfläche 10 des Detektors 11 normal zur Schnittlinie 9 der Abbildungsmaßstab und damit der Winkel  $\beta$  so gewählt werden muss, dass der gewünschte Distanzbereich auf die Aufnahmeoberfläche 10 abgebildet wird.

Nach der Wahl eines Objektivabstands kann entsprechend dem gewünschten Distanzbereich auch der für die richtige Abbildung benötigte Detektorabstand festgelegt werden.

Nach dem Festlegen der Winkel  $\alpha$  und  $\beta$ , des Objektivabstands, des Detektorabstands und der Ausdehnung der Aufnahmeoberfläche des Detektors normal zur Schnittlinie kann die für eine scharfe Abbildung benötigte Brennweite des Abbildungsobjektivs festgelegt werden. Damit ein Punkt der Objektebene 6 von einer Linse scharf auf einen Punkt der Aufnahmeoberfläche 10 abgebildet wird, muss bei dieser Abbildung die

Gegenstandsweite  $g$ , die Bildweite  $b$  und die Brennweite  $f$  des Abbildungsobjektivs 7 bzw. der Linse die Linsengleichung  $1/f=1/g+1/b$  erfüllen. Entsprechend ist  $f=b*g/(b+g)$ .

- 5 In der dargestellten Ausführungsform umfasst der Detektor 11 einen zweidimensionalen Sensorarray, der direkt bei der Aufnahmeoberfläche 10 angeordnet ist. Für ein scharf abgebildetes Objekt wird in einer ersten Richtung normal zur Schnittlinie 9 die Position auf der Ausrichtungssachse 2 und vorzugsweise quer dazu in einer zweiten Richtung eine Höheninformation des Objektes erfasst. Die Positionsbestimmung auf der Ausrichtungssachse 2 entspricht somit einer Triangulations-Distanzmessung. Die Bestimmung der Höheninformation kann gemäss einer beliebigen aus dem Stande der Technik bekannten Codeauswertung durchgeführt werden.

- Fig. 2 zeigt eine Anordnung mit einem erfindungsgemässen Nivelliergerät 1, einem Dreibein 17 und einer Messlatte 5, bei der die Ausrichtungssachse 2 etwas von der exakten horizontalen Richtung 13 abweicht. Das Nivelliergerät 1 umfasst einen Neigungssensor 14, der mit der Auswertungsvorrichtung verbunden ist. Der Neigungssensor 14 bestimmt einen Abweichungswinkel  $\gamma$  zwischen der Ausrichtungssachse 2 und der horizontalen Ausrichtungslinie 13. Die bei der Ausrichtungssachse stehende Höheninformation  $m_1$  bzw.  $m_2$  stimmt nicht mit der effektiven Höhe überein. Die Auswertungsvorrichtung ermittelt aus dem Abweichungswinkel  $\gamma$  und Abständen  $L_1$  bzw.  $L_2$  Höhenkorrekturen  $d_1$  bzw.  $d_2$ , wobei  $d_1=L_1*\tan(\gamma)$  bzw.  $d_2=L_2*\tan(\gamma)$ . Die Abstände  $L_1$  bzw.  $L_2$  gehen aus der Triangulations-Distanzmessung mit kleinem Aufwand relativ genau hervor. Unter Berücksichtigung der Höhenkorrektur

d1 bzw. d2 können sehr genaue Höhenwerte h1 bzw. h2 bestimmt werden.

Fig. 3 zeigt eine Ausführungsform des Nivelliergerätes 1 mit einer ersten und einer zweiten Abbildungs-  
5 optik 15,15', die je ein Abbildungsobjektiv 7,7' und einen eine Aufnahmeoberfläche aufweisenden Detektor 11,11' umfassen. Wenn der Bereich entlang der Ausrichtungsachse 2, welcher in der ersten Abbildungs-  
10 optik 15 auf die zugeordnete Aufnahmeoberfläche abgebildet wird, nicht genügt, so kann beispielsweise für einen Nahbereich die zweite Abbildungsoptik 15' eine Abbildung auf die zugeordnete Aufnahmeoberfläche des weiteren Detektors 11' gewährleisten. Dabei kann das zweite  
15 Abbildungssystem ebenso derart ausgebildet sein, dass gleichzeitig sämtliche innerhalb eines Erfassungsbereichs liegende Punkte der Objektebene scharf auf der Aufnahmeoberfläche des weiteren Detektors 11' abgebildet werden. Beispielsweise können Abbildungsobjektiv 7' und Detektor 11' - entsprechend  
20 Figur 1 - derart die Scheimpflug-Bedingung erfüllend angeordnet sein, dass sich auch die Objektivhauptebene des Abbildungsobjektivs 7', die Bildebene des Detektors 11' und die Objektebene in einer gemeinsamen Geraden schneiden.

25 Insbesondere können dabei die Abbildungsobjektive 7,7' der beiden für verschiedene Entfernungsbereiche ausgelegten Abbildungssysteme mit unterschiedlichen Brennweiten gewählt werden.

30 Gemäss einer alternativen Ausführungsform können die beiden Abbildungsoptiken 15,15' jedoch auch einem gemeinsamen Abbildungsobjektiv 7 nachgeordnet sein, wobei die Abbildungsoptiken 15,15' auf zwei getrennte

Detektoren 11,11' abbilden, insbesondere wobei unterschiedliche Winkel  $\beta$  und/oder unterschiedliche Detektorabstände gewählt sind.

5 Gemäss einer weiteren alternativen Ausführungsform werden von zwei unterschiedlichen Abbildungsobjektiven 7,7' Abbildungen nebeneinander auf die gleiche Aufnahme-  
oberfläche eines Detektors durchgeführt. Insbesondere kann dabei für die Ausrichtung der Objektivhauptebene  
des auf den näheren Distanzbereich gerichteten  
10 Abbildungsobjektivs ein Winkel  $\alpha$  gewählt werden, der etwas kleiner als  $90^\circ$  ist.

Die Abbildungsparameter der zweiten Abbildungsoptik 15' werden so gewählt, dass Objekte eines anschliessenden  
Positionsbereichs auf die Aufnahmeoberfläche des zweiten  
15 Detektors 11' abgebildet werden. Eine Auswertungsvorrichtung 16 kann jeweils die Höheninformation des Detektors wählen, auf dessen Aufnahmeoberfläche ein Objekt mit einer Höheninformation abgebildet ist.

20 Figuren 4 und 5 zeigen jeweils ein Nivelliergerät, das dem in Figur 1 dargestellten Nivelliergerät ähnlich ist.

Das erfindungsgemässe digitale Nivelliergerät 1 aus Figur 4 weist wiederum ein von dem Abbildungsobjektiv 7 mit nachgeordnetem Detektor 11 räumlich getrenntes  
Zielfernrohr 3 auf. Die optische Achse des  
25 Zielfernrohrs 3 definiert die Ausrichtungsachse 2, die ihrerseits eine insbesondere vertikale Objektebene 6 aufspannt, wobei die Ausrichtungsachse 2 zur Höhenbestimmung eines Messpunktes auf eine dort aufgestellte Messlatte 5 ausrichtet ist. Die Messlatte 5

ist dabei in zwei möglichen, zu vermessenden Positionen 5a, 5b dargestellt.

Durch die jeweilige Ausbildung und Anordnung des Abbildungsobjektivs 7 und des nachgeordneten Detektors 11 wird ein Erfassungsbereich als Winkelbereich, innerhalb dessen sich im Sichtfeld des Nivelliergeräts befindende Punkte auf der Aufnahmeoberfläche 10 des Detektors 11 abgebildet werden können, definiert.

Gemäss der Erfindung sind das Abbildungsobjektiv 7 und der Detektor 11 genau derart ausgebildet sowie genau derart relativ zueinander und zum die Objektebene 6 definierenden Zielfernrohr 3 angeordnet, dass gleichzeitig sämtliche innerhalb des Erfassungsbereichs 18 liegende Punkte der Objektebene 6 scharf auf der Aufnahmeoberfläche 10 des Detektors 11 abgebildet werden.

Dafür weist das in Figur 4 gezeigte Abbildungsobjektiv 7 eine winkelabhängig, insbesondere azimutwinkelabhängig, über den Erfassungsbereich 18 variierende Brennweite auf.

Beispielsweise ist das Abbildungsobjektiv 7 dafür mit einer Bildfeldwölbung in einer, insbesondere horizontalen, Achse ausgebildet. Alternativ oder zusätzlich kann das Abbildungsobjektiv 7 jedoch auch eine diffraktive Struktur, die eine einfallswinkelabhängige Variation der Brennweite des Abbildungsobjektiv 7 erzeugt, aufweisen. Geeignete Bildfeldwölbungen und diffraktive Strukturen wie etwa eine Gitterstruktur, sodass das Abbildungsobjektiv 7 eine entsprechende einfallswinkelabhängige Variation der Brennweite

aufweist, sind dem Fachmann bekannt und können je nach Anforderung an das Nivelliergerät entsprechend gewählt werden.

Rein beispielhaft kann das Abbildungsobjektiv 7 derart  
5 relativ zum Zielfernrohr 3 und zum Detektor angeordnet  
sein, dass die Objektebene 6 und die Objektivhaupt-  
ebene 8 einen Winkel  $\alpha$ , der ungefähr im Bereich zwischen  
80° und knapp unter 90° liegt, einschliessen sowie dass  
die Objektivhauptebene 8 in etwa parallel zur  
10 Bildebene 12 ausgerichtet ist.

Die von der in der ersten Position 5a befindlichen  
Messlatte 5 ausgehenden Abbildungslinien, die durchge-  
zogen dargestellt sind, treffen dabei in einem ersten  
Einfallswinkel auf dem Abbildungsobjektiv 7 auf. Die von  
15 der in der zweiten Position 5b befindlichen Messlatte 5  
ausgehenden Abbildungslinien, die gepunktet dargestellt  
sind, treffen hingegen in einem sich vom ersten  
unterscheidenden, zweiten Einfallswinkel auf dem  
Abbildungsobjektiv 7 auf. Die beispielhaft aus dem  
20 Unendlichen kommenden Abbildungslinien, die anhand der  
Strich-Punkt-Punkt-Linie dargestellt sind, treffen unter  
einem dritten Einfallswinkel auf dem Abbildungsobjek-  
tiv 7 auf.

Wie nun in Figur 4 ersichtlich ist, weist das  
25 Abbildungsobjektiv 7 für den ersten Einfallswinkel eine  
geringere Brennweite als für den zweiten Einfallswinkel  
auf, und für den dritten Einfallswinkel eine nochmals  
geringere Brennweite als für den zweiten Einfallswinkel.  
Insbesondere nimmt also die Brennweite dabei  
30 kontinuierlich über den Winkelverlauf des Erfassungs-  
bereichs - von der zur Ausrichtungssachse zugewendeten  
Erfassungsbereichsgrenze hin zu der gegenüber der

Ausrichtungsachse abgewandten Erfassungsbereichsgrenze -  
ab.

Figur 5 zeigt - rein zum besseren Verständnis der in Fi-  
gur 4 dargestellten erfindungsgemässen Ausführungsform -  
5 die gleiche Anordnungsweise der Abbildungssystem-Kompo-  
nenten wie in Figur 4, jedoch mit einem gewöhnlich  
ausgebildeten Abbildungsobjektiv 7 ohne winkelabhängig  
variierender Brennweite.

Wie aus Figur 5 nun ersichtlich ist, erlaubt ein  
10 gewöhnliches Abbildungsobjektiv 7 ohne winkelabhängig  
variierender Brennweite bei der dort dargestellten  
Anordnungsweise von Detektor 11 und Abbildungsobjektiv 7  
hingegen keine gleichzeitige scharfe Abbildung  
sämtlicher innerhalb des Erfassungsbereichs liegenden  
15 Punkte der Objektebene 6 auf der Aufnahmeoberfläche 10  
des Detektors 11.

Zur scharfen Abbildung der in der ersten Position 5a  
bzw. in der zweiten Position 5b dargestellten Messlatte  
wäre nun - wie bei Geräten des Standes der Technik -  
20 eine jeweils unterschiedlich weite Verschiebung entweder  
der Fokusposition des Abbildungsobjektivs 7 oder des  
Detektors 11 erforderlich. Dies birgt allerdings die  
Gefahr von Abweichungen in der Fokussierlinie, die auch  
Ablauffehler genannt werden. Gemäss der Erfindung ist  
25 hingegen - unabhängig von der Entfernung der anvisierten  
Messlatte - nur eine feste Fokusposition des Abbildungs-  
objektivs 7 bzw. des Detektors 11 vorgesehen, sodass  
keine fehleranfällige Verschiebungen von optischen  
Komponenten des Abbildungssystems erforderlich sind.

Figur 6 zeigt eine weitere alternative Ausführungsform eines digitalen Nivelliergeräts 1 gemäss der Erfindung, wobei die Ausbildungs- und Anordnungsweise des Abbildungsobjektivs 7 und des Detektors 11 insbesondere für einen begrenzten Nahbereich ausgelegt sind, da der Erfassungsbereich 18 in diesem Fall stark eingeschränkt ist.

Wie in Figur 6 ersichtlich, sind Abbildungsobjektiv 7, Detektor 11 und Fernrohr 3 derart relativ zueinander angeordnet, dass die Objektivhauptebene 8 und die Bildebene 12 parallel zueinander sowie jeweils parallel zur Objektebene 6 ausgerichtet sind. Darüber hinaus ist die Anordnungsweise von Abbildungsobjektiv 7 und Detektor 11 derart gewählt, dass die - zur Objektivhauptebene 8 bzw. Bildebene 12 - lotrechten optischen Achsen des Abbildungsobjektivs 7 und des Detektors 11 dabei verhältnismässig weit voneinander parallel versetzt angeordnet sind.

Das Abbildungsobjektiv 7 aus Figur 6 kann - wie gemäss Figur 1 - als Standard-Linse oder Standard-Linsengruppe ausgebildet sind. D.h., dass das Abbildungsobjektiv 7 bei dieser Anordnungsweise insbesondere keine einfallswinkelabhängig variierende Brennweite aufweist.

Auch diese spezielle Anordnungsweise gemäss der Erfindung gewährleistet nun, dass gleichzeitig sämtliche innerhalb des Erfassungsbereichs 18 liegende Punkte der Objektebene 6 scharf auf der Aufnahmeoberfläche 10 des Detektors 11 abgebildet werden. Insbesondere ist auch bei dieser Anordnungsweise die Scheimpflug-Bedingung erfüllt, da Bildebene 12, Hauptobjektivebene 8 und Objektebene 6 parallel zueinander liegen.

Die in Figur 6 gezeigte Anordnungsweise kann dabei insbesondere auch in einem erfindungsgemässen Nivelliergerät mit zwei oder mehreren getrennten Abbildungssystemen für jeweils unterschiedliche 5 Entfernungsbereiche Anwendung finden. Beispielsweise kann erfindungsgemäss auch ein Nivelliergerät entsprechend jenem in Figur 3 bereitgestellt werden, wobei jedoch das für den Nahbereich ausgelegte Abbildungssystem der in Figur 6 gezeigten Ausbildungs- 10 und Anordnungsweise von Abbildungsobjektiv 7 und Detektor 11 entspricht. Das für den Fernbereich ausgelegte Abbildungssystem kann hingegen entweder - wie etwa in Figur 1 gezeigt - eine Anordnungsweise aufweisen, wobei sich Bildebene 12, Hauptobjektivebene 8 15 und Objektebene 6 in einer Geraden schneiden, oder alternativ - entsprechend Figur 4 - mit einem Abbildungsobjektiv 7 mit einfallswinkelabhängig variierender Brennweite ausgeführt sein.

Es versteht sich, dass diese dargestellten Figuren nur 20 mögliche Ausführungsbeispiele schematisch darstellen. Die verschiedenen Ansätze können ebenso miteinander sowie mit Verfahren des Stands der Technik kombiniert werden.

## Patentansprüche

1. Nivelliergerät (1) mit
- einer eine Ausrichtungssachse (2) definierenden Anzeleinrichtung die zur Höhenbestimmung auf eine Messlatte (5) ausrichtbar ist,
  - einem räumlich von der Anzeleinrichtung getrennten Abbildungssystem mit
    - einem Abbildungsobjektiv (7), dem eine Objektivhauptebene (8) zugeordnet ist, und
    - einem Detektor (11), mit einer in einer Bildebene (12) liegenden Aufnahmeoberfläche (10),
- wobei durch das Abbildungsobjektiv (7) und den Detektor (11) ein Sichtfeld (18) des Abbildungssystems definiert ist als jener maximale Winkelbereich, innerhalb welchem Punkte durch das Abbildungsobjektiv (7) mit der Aufnahmeoberfläche (10) des Detektors (11) erfassbar sind, und
- einer Auswertungsvorrichtung (16), die mit dem Detektor (11) verbunden ist,
- wobei durch die Auswertungsvorrichtung (16) unter Verwendung der Detektorinformation eine Höheninformation der Messlatte (5) auf Höhe der Ausrichtungssachse (2) als Messhöhe bereitstellbar ist,
- dadurch gekennzeichnet,** dass
- das Abbildungsobjektiv (7) und der Detektor (11) derart ausgebildet sowie derart relativ zueinander und zu einer die Ausrichtungssachse (2) enthaltenden Objektebene (6) angeordnet sind, dass gleichzeitig sämtliche innerhalb des Sichtfelds (18) liegende Punkte der Objektebene (6) scharf auf der

Aufnahmeoberfläche (10) des Detektors (11) abgebildet werden.

2. Nivelliergerät (1) nach Anspruch 1,  
5 **dadurch gekennzeichnet**, dass  
das Abbildungsobjektiv (7) eine winkelabhängig,  
insbesondere azimutwinkelabhängig, über das  
Sichtfeld (18) variierende Brennweite aufweist,  
im Speziellen wobei das Abbildungsobjektiv (7)  
10 - eine Bildfeldwölbung in einer, insbesondere  
horizontalen, Achse oder  
- eine winkelabhängig variierende diffraktive  
Struktur  
aufweist.
- 15
3. Nivelliergerät (1) nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass  
das Abbildungsobjektiv (7) und der Detektor (11)  
derart relativ zueinander und relativ zur  
20 Ausrichtungsachse (2) angeordnet sind, dass  
- die Objektivhauptebene (8),  
- die Bildebene (12) und  
- die Objektebene (6),  
die Scheimpflug-Bedingung erfüllend, parallel  
25 zueinander ausgerichtet sowie dass die - zur  
Objektivhauptebene (8) bzw. Bildebene (12) -  
lotrechten optischen Achsen des  
Abbildungsobjektivs (7) und des Detektors (11) mit  
einem Versatz voneinander beabstandet angeordnet  
30 sind.
4. Nivelliergerät (1) nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass  
sich, die Scheimpflug-Bedingung erfüllend,  
35 - die Objektivhauptebene (8),

- die Bildebene (12) und  
- die Objektebene (6)  
in einer gemeinsamen Schnittlinie (9) schneiden,  
wobei zwischen der Objektebene (6) und der  
5 Objektivhauptebene (8) ein Winkel  $\alpha$  sowie zwischen  
der Objektivhauptebene (8) und der Bildebene (12)  
ein Winkel  $\beta$  ausgebildet ist.

5. Nivelliergerät (1) nach Anspruch 4,  
10 **dadurch gekennzeichnet**, dass  
das Zentrum des Abbildungsobjektivs (7) in einem  
Objektivabstand und das Zentrum der  
Aufnahmeoberfläche (10) des Detektors (11) in einem  
Detektorabstand von der Schnittlinie (9)  
15 beabstandet sind und beide Zentren im Wesentlichen  
in einer gemeinsamen Normalebene zur  
Schnittlinie (9) liegen, welche Normalebene auch  
die Ausrichtungsachse (2) umfasst.
- 20 6. Nivelliergerät (1) nach Anspruch 4 oder 5,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass  
die Winkel  $\alpha$  und  $\beta$ , der Objektivabstand, der  
Detektorabstand und die Ausdehnung der  
Aufnahmeoberfläche (10) des Detektors (11) normal  
25 zur Schnittlinie (9) entsprechend einem  
abzubildenden Distanzbereich auf der  
Ausrichtungsachse (2) gewählt sind, wobei der  
Abbildungsmaßstab durch die Wahl der Winkel  $\alpha$   
und  $\beta$  bestimmt ist und der Winkel  $\alpha$  vorzugsweise im  
30 Bereich von  $80^\circ$  bis  $90^\circ$ , insbesondere im  
Wesentlichen bei  $90^\circ$ , liegt und insbesondere wobei  
g die Gegenstandsweite und b die Bildweite ist,  
welche der Abbildung eines Punktes der  
Objektebene (6) auf einen Punkt der  
35 Aufnahmeoberfläche (10) des Detektors (11)

entsprechen und dass das Abbildungsobjektiv (7) eine Brennweite  $f$  hat, welche durch die Gleichung  $1/f=1/g+1/b$  bestimmt ist.

- 5 7. Nivelliergerät (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass  
der Detektor (11) einen zweidimensionalen Sensorarray umfasst, wobei in einer ersten Richtung des Sensorarrays für ein scharf abgebildetes Objekt die Position auf der Ausrichtungsachse (2) und quer dazu in einer zweiten Richtung eine Höheninformation des Objektes erfassbar ist.
- 10
- 15 8. Nivelliergerät (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass  
ein Neigungssensor (14) mit der Auswertungsvorrichtung (16) verbunden ist, wobei  
20 der Neigungssensor (14) einen Abweichungswinkel  $\gamma$  zwischen der Ausrichtungsachse (2) und einer horizontalen Ausrichtungslinie (13) bereitstellt und die Auswertungsvorrichtung (16) die Höheninformation unter Verwendung des  
25 Abweichungswinkels  $\gamma$  und der Position des abgebildeten Objekts auf der Ausrichtungsachse (2) bereitstellt.
9. Nivelliergerät (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8,  
30 **dadurch gekennzeichnet**, dass  
mindestens ein weiteres Abbildungssystem vorgesehen ist mit

- mindestens einem weiteren Detektor (11'), dessen weitere Aufnahmeoberfläche in einer weiteren Bildebene liegt, und

- einem dem weiteren Detektor (11') vorgeordneten weiteren Abbildungsobjektiv (7'), dem eine weitere Objektivhauptebene zugeordnet ist,

wobei das weitere Abbildungsobjektiv (7') und der weitere Detektor (11') derart ausgebildet sowie derart relativ zueinander und zur Objektebene (6) angeordnet sind, dass gleichzeitig sämtliche innerhalb eines Sichtfelds des weiteren Abbildungssystems liegende Punkte der Objektebene (6) scharf auf der weiteren Aufnahmeoberfläche des weiteren Detektors (11') abgebildet werden,

und wobei die Auswertungsvorrichtung (16) unter Verwendung der Information des weiteren Detektors (11') eine Höheninformation zu einem abgebildeten Objekt bereitstellt.

20

10. Nivelliergerät (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9,

**dadurch gekennzeichnet,** dass

die Anzeleinrichtung als Fernrohr (3) ausgebildet ist und die Ausrichtungssachse (2) durch die optische Achse des Fernrohrs (3) gebildet wird.

25

11. Verfahren zum Nivellieren mit einer Messlatte (5), die Höheninformationen umfasst, und einem

30

Nivelliergerät (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei die Ausrichtungssachse (2) des Nivelliergerätes (1) mithilfe einer Anzeleinrichtung auf die Messlatte (5) gerichtet und die vom Detektor (11) und der

35

Auswertungsvorrichtung (16) ermittelte

Höheninformation der Messlatte (5) auf der Höhe der Ausrichtungsachse (2) als Messhöhe bereitgestellt wird,

**dadurch gekennzeichnet,** dass

5 bei der Bestimmung der Messhöhe die abgebildete Höheninformation zumindest teilweise in der Objektebene (6) des Nivelliergerätes (1) liegt und dass das Abbildungsobjektiv (7) und der Detektor (11) derart ausgebildet sowie derart  
10 relativ zueinander und zur Objektebene (6) angeordnet sind, dass gleichzeitig sämtliche innerhalb des Sichtfelds (18) liegende Punkte der Objektebene (6) scharf auf der Aufnahmeoberfläche (10) des Detektors (11)  
15 abgebildet werden.

12. Verfahren nach Anspruch 11,

**dadurch gekennzeichnet,** dass

- die innerhalb des Sichtfelds (18) liegenden Punkte  
20 der Objektebene (6) durch das Abbildungsobjektiv (7) mit einer einfallswinkelabhängig variierenden Brennweite auf die Aufnahmeoberfläche (10) abgebildet werden,  
- sich die Objektebene (6), die  
25 Objektivhauptebene (8) sowie die Bildebene (12) in einer gemeinsamen Schnittlinie (9) schneiden oder  
- die die Objektebene (6), Objektivhauptebene (8) sowie die Bildebene (12) parallel zueinander  
30 ausgerichtet und die - zur Objektivhauptebene (8) bzw. Bildebene (12) - lotrechten optischen Achsen des Abbildungsobjektivs (7) und des Detektors (11) mit einem Versatz voneinander beabstandet angeordnet sind.

35

13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass  
der Detektor (11) einen zweidimensionalen  
Sensorarray umfasst und in einer ersten Richtung  
5 des Sensorarrays für ein scharf abgebildetes Objekt  
die Position auf der Ausrichtungsachse (2) und quer  
dazu in einer zweiten Richtung eine Höhen-  
information des Objektes erfasst wird.
- 10 14. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 13,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass  
ein Neigungssensor (14) einen Abweichungswinkel  $\gamma$   
zwischen der Ausrichtungsachse (2) und einer  
horizontalen Ausrichtungslinie (13) erfasst und die  
15 Höheninformation unter Verwendung des  
Abweichungswinkels  $\gamma$  und der Position des  
abgebildeten Objekts auf der Ausrichtungsachse (2)  
bestimmt wird.
- 20 15. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 14,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass  
die gleiche Höhenmessung mit mindestens zwei  
Wellenlängen durchgeführt und aus den gefundenen  
Messdifferenzen ein theoretischer Höhenwert im  
25 Vakuum extrapoliert wird, sodass der Effekt von  
Brechungsindexschwankungen in der Luft kompensiert  
wird.

## GEÄNDERTE ANSPRÜCHE

beim Internationalen Büro eingegangen am 19. Juli 2010 (19.07.10)

1. Nivelliergerät (1) mit
- 5 - einer eine Ausrichtungsachse (2) definierenden Anzeleinrichtung die zur Höhenbestimmung auf eine Messlatte (5) ausrichtbar ist,
  - einem räumlich von der Anzeleinrichtung getrennten Abbildungssystem mit
    - 10 - einem Abbildungsobjektiv (7), dem eine Objektivhauptebene (8) zugeordnet ist, und
    - einem Detektor (11), mit einer in einer Bildebene (12) liegenden Aufnahmeoberfläche (10),
- wobei durch das Abbildungsobjektiv (7) und den
- 15 Detektor (11) ein Sichtfeld (18) des Abbildungssystems definiert ist als jener maximale Winkelbereich, innerhalb welchem Punkte durch das Abbildungsobjektiv (7) mit der Aufnahmeoberfläche (10) des Detektors (11) erfassbar sind,
- 20 und
- einer Auswertungsvorrichtung (16), die mit dem Detektor (11) verbunden ist,
- wobei durch die Auswertungsvorrichtung (16) unter Verwendung der Detektorinformation eine
- 25 Höheninformation der Messlatte (5) auf Höhe der Ausrichtungsachse (2) als Messhöhe bereitstellbar ist,
- dadurch gekennzeichnet, dass**
- das Abbildungsobjektiv (7) und der Detektor (11)
- 30 derart ausgebildet sowie derart relativ zueinander und zu einer die Ausrichtungsachse (2) enthaltenden Objektebene (6) angeordnet sind, dass gleichzeitig sämtliche innerhalb des Sichtfelds (18) liegende Punkte der Objektebene (6) scharf auf der

- Aufnahmeoberfläche (10) des Detektors (11) abgebildet werden, wobei
- die Objektivhauptebene (8),
  - die Bildebene (12) und
  - 5 - die Objektebene (6),
- die Scheimpflug-Bedingung erfüllend relativ zueinander ausgerichtet sind.
2. Nivelliergerät (1) nach Anspruch 1,
- 10 **dadurch gekennzeichnet**, dass
- das Abbildungsobjektiv (7) und der Detektor (11) derart relativ zueinander und relativ zur Ausrichtungssachse (2) angeordnet sind, dass
- die Objektivhauptebene (8),
  - 15 - die Bildebene (12) und
  - die Objektebene (6),
- die Scheimpflug-Bedingung erfüllend, parallel zueinander ausgerichtet sowie dass die - zur Objektivhauptebene (8) bzw. Bildebene (12) -
- 20 lotrechten optischen Achsen des Abbildungsobjektivs (7) und des Detektors (11) mit einem Versatz voneinander beabstandet angeordnet sind.
- 25 3. Nivelliergerät (1) nach Anspruch 1,
- dadurch gekennzeichnet**, dass
- sich, die Scheimpflug-Bedingung erfüllend,
- die Objektivhauptebene (8),
  - die Bildebene (12) und
  - 30 - die Objektebene (6)
- in einer gemeinsamen Schnittlinie (9) schneiden, wobei zwischen der Objektebene (6) und der Objektivhauptebene (8) ein Winkel  $\alpha$  sowie zwischen der Objektivhauptebene (8) und der Bildebene (12)
- 35 ein Winkel  $\beta$  ausgebildet ist.

4. Nivelliergerät (1) nach Anspruch 3,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass  
das Zentrum des Abbildungsobjektivs (7) in einem  
Objektivabstand und das Zentrum der  
Aufnahmeoberfläche (10) des Detektors (11) in einem  
Detektorabstand von der Schnittlinie (9)  
beabstandet sind und beide Zentren im Wesentlichen  
in einer gemeinsamen Normalebene zur  
Schnittlinie (9) liegen, welche Normalebene auch  
die Ausrichtungsachse (2) umfasst.
5. Nivelliergerät (1) nach Anspruch 3 oder 4,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass  
die Winkel  $\alpha$  und  $\beta$ , der Objektivabstand, der  
Detektorabstand und die Ausdehnung der  
Aufnahmeoberfläche (10) des Detektors (11) normal  
zur Schnittlinie (9) entsprechend einem  
abzubildenden Distanzbereich auf der  
Ausrichtungsachse (2) gewählt sind, wobei der  
Abbildungsmaßstab durch die Wahl der Winkel  $\alpha$   
und  $\beta$  bestimmt ist und der Winkel  $\alpha$  vorzugsweise im  
Bereich von  $80^\circ$  bis  $90^\circ$ , insbesondere im  
Wesentlichen bei  $90^\circ$ , liegt und insbesondere wobei  
g die Gegenstandsweite und b die Bildweite ist,  
welche der Abbildung eines Punktes der  
Objektebene (6) auf einen Punkt der  
Aufnahmeoberfläche (10) des Detektors (11)  
entsprechen und dass das Abbildungsobjektiv (7)  
eine Brennweite f hat, welche durch die Gleichung  
 $1/f=1/g+1/b$  bestimmt ist.
6. Nivelliergerät (1) nach einem der Ansprüche 1  
bis 5,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass

- der Detektor (11) einen zweidimensionalen Sensorarray umfasst, wobei in einer ersten Richtung des Sensorarrays für einen scharf abgebildeten Messlattenabschnitt die Position auf der
- 5 Ausrichtungsachse (2) und quer dazu in einer zweiten Richtung eine Höheninformation des Messlattenabschnitts erfassbar ist.
7. Nivelliergerät (1) nach Anspruch 6,
- 10 **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Neigungssensor (14) mit der Auswertungsvorrichtung (16) verbunden ist, wobei der Neigungssensor (14) einen Abweichungswinkel  $\gamma$  zwischen der Ausrichtungsachse (2) und einer
- 15 horizontalen Ausrichtungslinie (13) bereitstellt und die Auswertungsvorrichtung (16) die Höheninformation unter Verwendung des Abweichungswinkels  $\gamma$  und der Position des abgebildeten Messlattenabschnitts auf der
- 20 Ausrichtungsachse (2) bereitstellt.
8. Nivelliergerät (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
- dadurch gekennzeichnet**, dass
- 25 mindestens ein weiteres Abbildungssystem vorgesehen ist mit
- mindestens einem weiteren Detektor (11'), dessen weitere Aufnahmeoberfläche in einer weiteren Bildebene liegt, und
- 30 - einem dem weiteren Detektor (11') vorgeordneten weiteren Abbildungsobjektiv (7'), dem eine weitere Objektivhauptebene zugeordnet ist, wobei das weitere Abbildungsobjektiv (7') und der weitere Detektor (11') derart ausgebildet sowie
- 35 derart relativ zueinander und zur Objektebene (6)

- angeordnet sind, dass gleichzeitig sämtliche innerhalb eines Sichtfelds des weiteren Abbildungssystems liegende Punkte der Objekzebene (6) scharf auf der weiteren Aufnahmeoberfläche des weiteren Detektors (11')  
5 abgebildet werden,  
und wobei die Auswertungsvorrichtung (16) unter Verwendung der Information des weiteren Detektors (11') eine Höheninformation zu dem  
10 abgebildeten Messlattenabschnitt bereitstellt.
9. Nivelliergerät (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
15 die Anzeleinrichtung als Fernrohr (3) ausgebildet ist und die Ausrichtungssachse (2) durch die optische Achse des Fernrohrs (3) gebildet wird.
10. Verfahren zum Nivellieren mit einer Messlatte (5),  
20 die Höheninformationen umfasst, und einem Nivelliergerät (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die Ausrichtungssachse (2) des Nivelliergerätes (1) mithilfe der Anzeleinrichtung auf die Messlatte (5) gerichtet und die vom  
25 Detektor (11) und der Auswertungsvorrichtung (16) ermittelte Höheninformation der Messlatte (5) auf der Höhe der Ausrichtungssachse (2) als Messhöhe bereitgestellt wird,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
30 bei der Bestimmung der Messhöhe die abgebildete Höheninformation zumindest teilweise in der Objekzebene (6) des Nivelliergerätes (1) liegt und dass das Abbildungsobjektiv (7) und der  
Detektor (11) derart ausgebildet sowie derart  
35 relativ zueinander und zur Objekzebene (6)

angeordnet sind, dass gleichzeitig sämtliche innerhalb des Sichtfelds (18) liegende Punkte der Objektebene (6) scharf auf der Aufnahmeoberfläche (10) des Detektors (11) abgebildet werden, wobei

- die Objektivhauptebene (8),
- die Bildebene (12) und
- die Objektebene (6),

die Scheimpflug-Bedingung erfüllend relativ zueinander ausgerichtet sind.

11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass

- sich die Objektebene (6), die Objektivhauptebene (8) sowie die Bildebene (12) in einer gemeinsamen Schnittlinie (9) schneiden oder
- die die Objektebene (6), Objektivhauptebene (8) sowie die Bildebene (12) parallel zueinander ausgerichtet und die - zur Objektivhauptebene (8) bzw. Bildebene (12) - lotrechten optischen Achsen des Abbildungsobjektivs (7) und des Detektors (11) mit einem Versatz voneinander beabstandet angeordnet sind.

12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Detektor (11) einen zweidimensionalen Sensorarray umfasst und in einer ersten Richtung des Sensorarrays für einen scharf abgebildeten Messlattenabschnitt die Position auf der Ausrichtungsachse (2) und quer dazu in einer zweiten Richtung eine Höheninformation des Messlattenabschnitts erfasst wird.

13. Verfahren nach Anspruch 12,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass  
ein Neigungssensor (14) einen Abweichungswinkel  $\gamma$   
5 zwischen der Ausrichtungssachse (2) und einer  
horizontalen Ausrichtungslinie (13) erfasst und die  
Höheninformation unter Verwendung des  
Abweichungswinkels  $\gamma$  und der Position des  
abgebildeten Messlattenabschnitts auf der  
10 Ausrichtungssachse (2) bestimmt wird.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 13,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass  
die gleiche Höhenmessung mit mindestens zwei  
15 Wellenlängen durchgeführt und aus den gefundenen  
Messdifferenzen ein theoretischer Höhenwert im  
Vakuum extrapoliert wird, sodass der Effekt von  
Brechungsindexschwankungen in der Luft kompensiert  
wird.

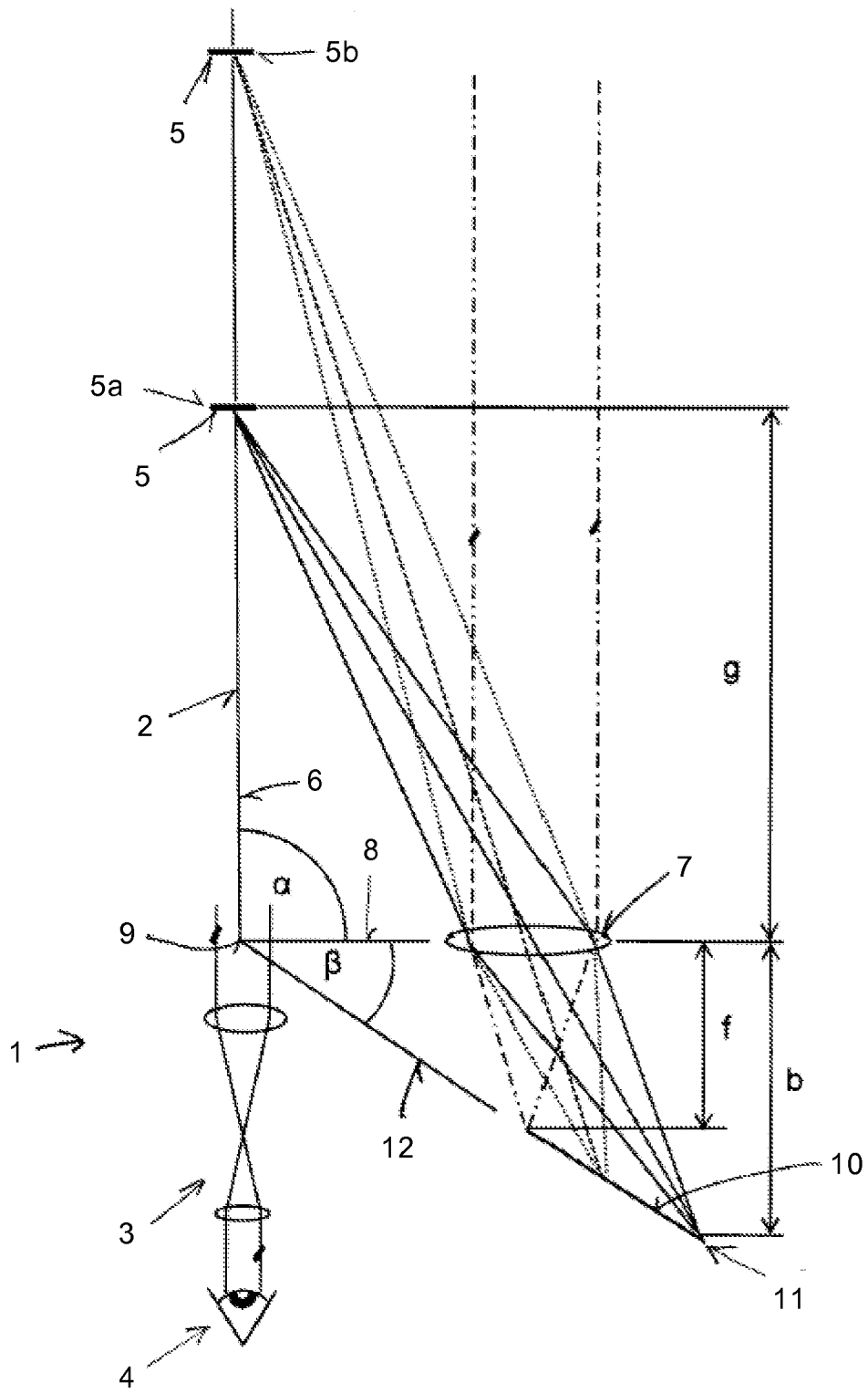


Fig.1

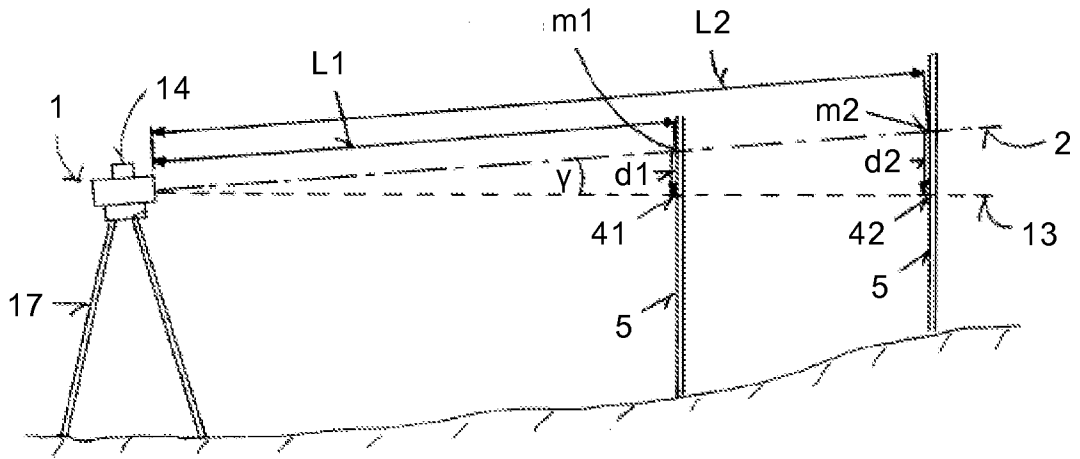


Fig.2

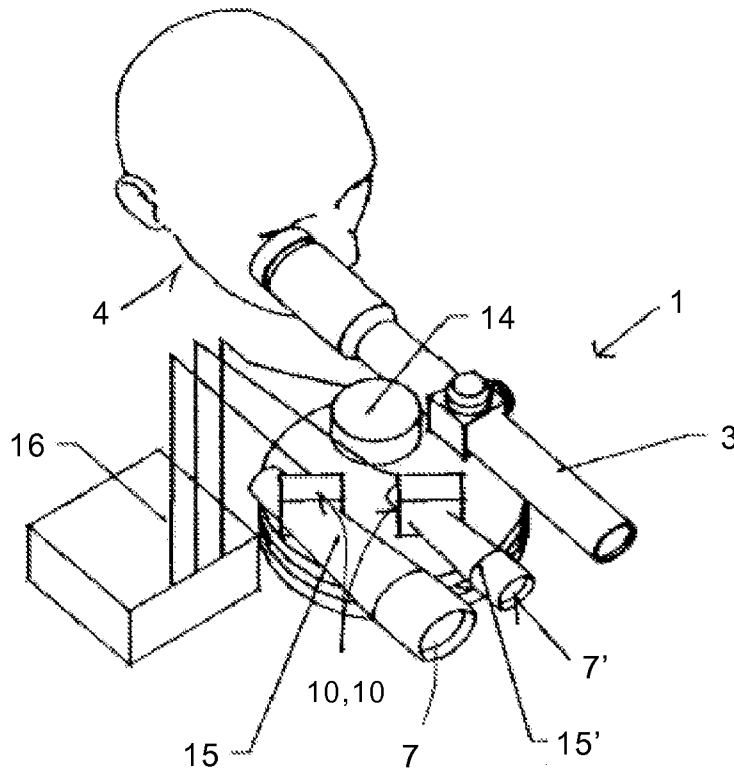


Fig.3

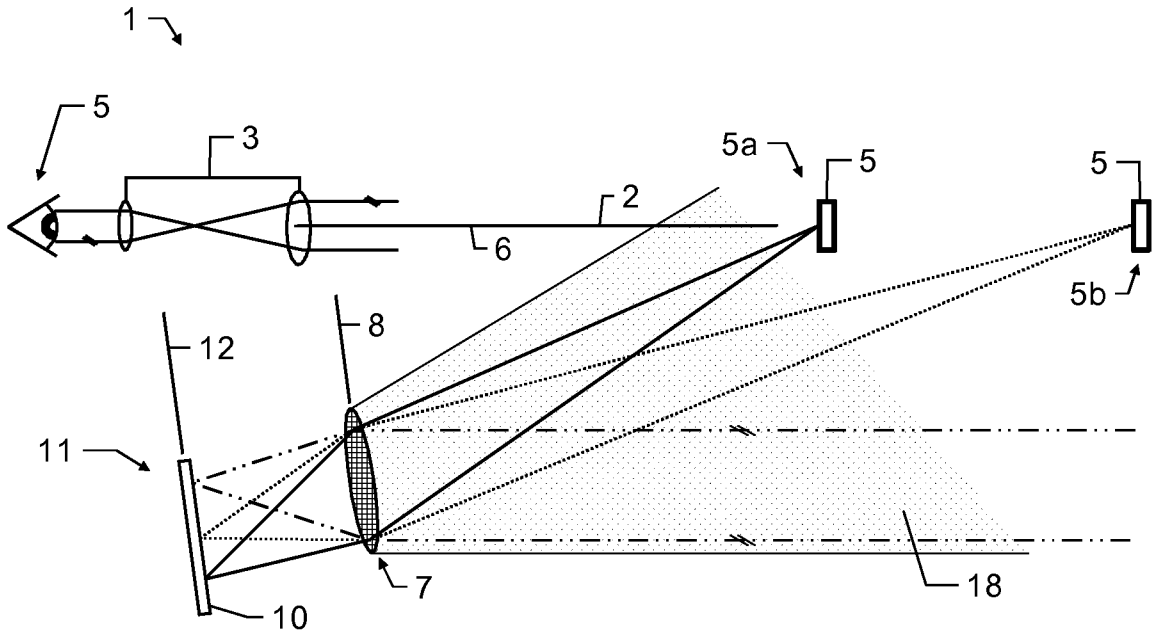


Fig.4

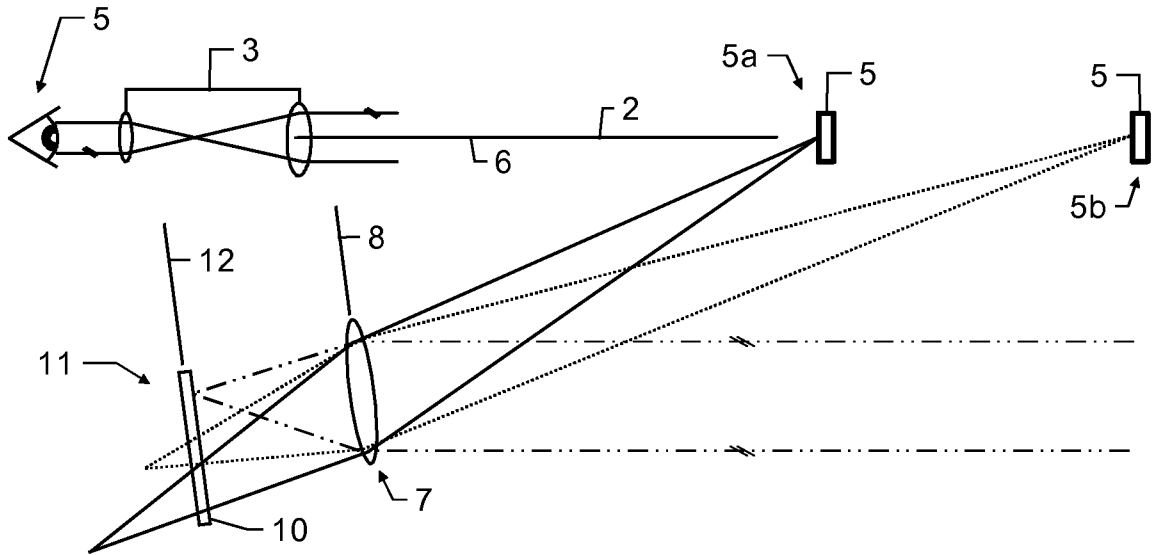


Fig.5

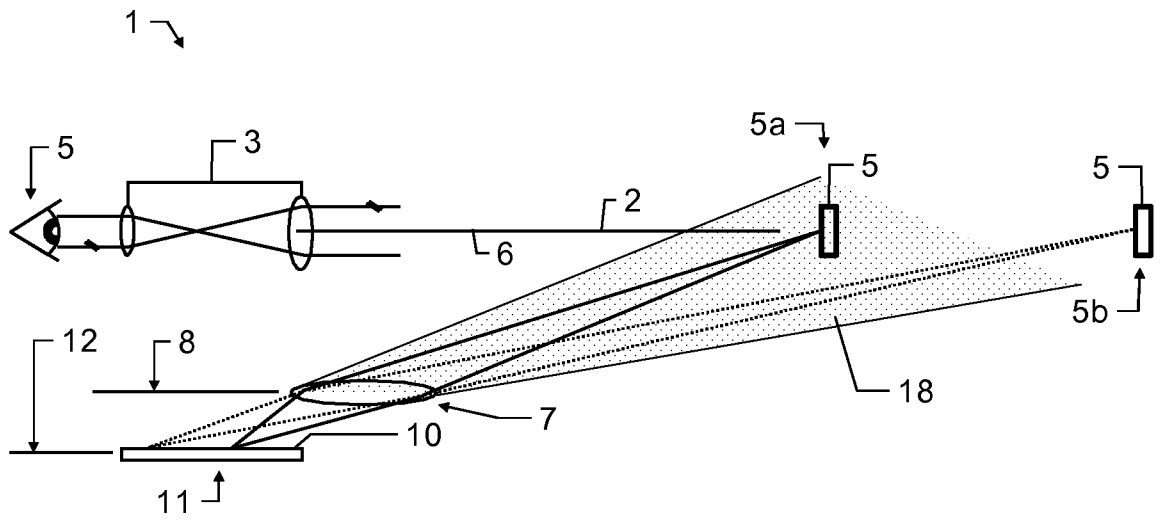


Fig. 6

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2010/052129

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. G01C1/04 G01C1/06 G01C5/00 G01C15/00 G01C15/06  
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01C G06K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 808 447 B (LEICA AG [CH] LEICA GEOSYSTEMS AG [CH]) 31 October 2001 (2001-10-31) cited in the application	1,7-11, 13-15
A	paragraphs [0003] - [0005] paragraphs [0022] - [0025] paragraphs [0027] - [0030] figures 1-7	2-6,12
A	DE 34 24 806 A1 (WILD HEERBRUGG AG [CH]) 1 August 1985 (1985-08-01) figure 1	1-15
A	US 2002/195550 A1 (MCQUEEN ALEXANDER M [US]) 26 December 2002 (2002-12-26) paragraphs [0042] - [0045]; figures 4a, 4b	4,12
	-/--	

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

\* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

27 May 2010

Date of mailing of the international search report

07/06/2010

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Kuhn, Robert

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2010/052129

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 43 04 815 A1 (LEITZ MESTECHNIK GMBH [DE]) 18 August 1994 (1994-08-18) figure 1 -----	4,12
A	DE 33 02 948 A1 (BRUNK WOLFGANG) 7 July 1983 (1983-07-07) figure 1 -----	4,12

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2010/052129
---

Patent document cited in search report	Publication date	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0808447	B	31-10-2001	CA 2209724 A1	15-08-1996
			DE 19504039 C1	04-04-1996
			WO 9624820 A1	15-08-1996
			EP 0808447 A1	26-11-1997
			JP 3555087 B2	18-08-2004
			JP 11501117 T	26-01-1999
			US 6081327 A	27-06-2000
DE 3424806	A1	01-08-1985	CH 676043 A5	30-11-1990
			US 4715714 A	29-12-1987
US 2002195550	A1	26-12-2002	EP 1397773 A1	17-03-2004
			WO 03001434 A1	03-01-2003
			US 2004065853 A1	08-04-2004
DE 4304815	A1	18-08-1994	NONE	
DE 3302948	A1	07-07-1983	NONE	

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2010/052129

## A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. G01C1/04 G01C1/06 G01C5/00 G01C15/00 G01C15/06  
 ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

G01C G06K

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 808 447 B (LEICA AG [CH] LEICA GEOSYSTEMS AG [CH]) 31. Oktober 2001 (2001-10-31) in der Anmeldung erwähnt	1,7-11, 13-15
A	Absätze [0003] - [0005] Absätze [0022] - [0025] Absätze [0027] - [0030] Abbildungen 1-7	2-6,12
A	DE 34 24 806 A1 (WILD HEERBRUGG AG [CH]) 1. August 1985 (1985-08-01) Abbildung 1	1-15
A	US 2002/195550 A1 (MCQUEEN ALEXANDER M [US]) 26. Dezember 2002 (2002-12-26) Absätze [0042] - [0045]; Abbildungen 4a, 4b	4,12
	----- -/-	

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen  Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

27. Mai 2010

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

07/06/2010

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Kuhn, Robert

## C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 43 04 815 A1 (LEITZ MESTECHNIK GMBH [DE]) 18. August 1994 (1994-08-18) Abbildung 1 -----	4,12
A	DE 33 02 948 A1 (BRUNK WOLFGANG) 7. Juli 1983 (1983-07-07) Abbildung 1 -----	4,12

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2010/052129

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0808447	B	31-10-2001	CA 2209724 A1	15-08-1996
			DE 19504039 C1	04-04-1996
			WO 9624820 A1	15-08-1996
			EP 0808447 A1	26-11-1997
			JP 3555087 B2	18-08-2004
			JP 11501117 T	26-01-1999
			US 6081327 A	27-06-2000
-----				
DE 3424806	A1	01-08-1985	CH 676043 A5	30-11-1990
			US 4715714 A	29-12-1987
-----				
US 2002195550	A1	26-12-2002	EP 1397773 A1	17-03-2004
			WO 03001434 A1	03-01-2003
			US 2004065853 A1	08-04-2004
-----				
DE 4304815	A1	18-08-1994	KEINE	
-----				
DE 3302948	A1	07-07-1983	KEINE	
-----				