



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 603 06 370 T2 2007.05.31

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 1 506 687 B1

(51) Int Cl.⁸: H04Q 7/38 (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: 603 06 370.5

(86) PCT-Aktenzeichen: PCT/US03/02223

(96) Europäisches Aktenzeichen: 03 734 997.4

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: WO 2003/065253

(86) PCT-Anmeldetag: 24.01.2003

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: 07.08.2003

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 16.02.2005

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: 21.06.2006

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 31.05.2007

(30) Unionspriorität:

57189 25.01.2002 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB,
GR, HU, IE, IT, LI, LU, MC, NL, PT, SE, SI, SK, TR

(73) Patentinhaber:

Qualcomm, Inc., San Diego, Calif., US

(72) Erfinder:

BIACS, Zoltan, San Mateo, CA 94403, US

(74) Vertreter:

WAGNER & GEYER Partnerschaft Patent- und
Rechtsanwälte, 80538 München

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND SYSTEM ZUR SPEICHERUNG UND ZUM SCHNELLEM ZUGRIFF AUF DIGITAL
ELEVATION MODEL HÖHENANGABEN ZUR VERWENDUNG IN POSITIONIERUNGSSYSTEMEN

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelebt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft drahtlos unterstützte Hybrid-Positionierungssysteme, und insbesondere Speicherung und Abrufen von digitalen Geländemodellhöhen.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0002] Um Positionslokalisierung in drahtlosen zellulären Netzwerken (z. B. ein zelluläres Telefonnetzwerk) vorzusehen, führen mehrere Ansätze Triangulation basierend auf der Verwendung von Zeitmessinformation aus, welche zwischen jeder von mehreren Basisstationen und einem mobilen Gerät gesendet werden, wie ein zelluläres Telefon. Ein Ansatz, Advanced Forward Link Trilateration (AFLT) oder Enhanced Observed Time Difference (EOTD) misst bei dem mobilen Gerät die Zeiten der Ankunft von Signalen, welche von mehreren Basisstationen übertragen wurden. Diese Zeiten werden zu einer Positionsbestimmungseinheit (PDE = Position Determination Entity) (z. B. ein Ortsserver) übertragen, welche die Position des mobilen Geräts unter Verwendung dieser Empfangszeiten berechnet. Die Tageszeiten dieser Basisstationen werden derart koordiniert, dass bei einer bestimmten Instanz der Zeit die Tageszeiten bzw. Uhrzeit, welche mit mehreren Basisstationen assoziiert sind, innerhalb eines spezifizierten Fehlerbandes sind. Die genauen Positionen der Basisstationen und der Empfangszeiten werden verwendet, um die Position des mobilen Geräts zu bestimmen.

[0003] [Fig. 1](#) zeigt ein Beispiel eines AFLT Systems, in welchem die Empfangszeiten (TR1, TR2 und TR3) von Signalen von zellulären Basisstationen **101, 103 und 105** bei dem mobilen zellulären Telefon **111** gemessen werden. Die Zeitmessdaten können dann verwendet werden, um die Position des mobilen Geräts zu berechnen. Solche Berechnung kann durchgeführt werden bei dem mobilen Gerät selbst oder bei einem Ortsserver, wenn die Zeitmessinformation, welche derart durch das mobile Gerät erhalten wurde, zu dem Ortsserver über eine Kommunikationsverbindung übertragen wird. Typischerweise werden die Empfangszeiten zu einem Ortsserver **115** durch eine der zellulären Basisstationen (z. B. Basisstation **101 oder 103 oder 105**) kommuniziert. Der Ortsserver **115** ist verbunden, um Daten von den Basisstationen durch die Mobilvermittlungsstelle **113** zu empfangen. Die Mobilvermittlungsstelle **113** liefert Signale (z. B. Sprachkommunikation) zu und von dem landleitungsgebundenen öffentlich vermittelten Telefonensystem (PSTS = Public Switched Telephone System), so dass Signale zu und von dem mobilen Telefon zu anderen Telefonen (z. B. Landleitungstelefone an dem PSTS oder andere mobile Telefone) transportiert werden können. In einigen Fällen kann der Ortsserver auch mit der Mobilvermittlungsstelle über eine zellulare Verbindung kommunizieren. Der Orts-

server kann auch Emissionen von mehreren der Basisstationen überwachen, in der Absicht, die relative Zeit dieser Emissionen zu bestimmen.

[0004] In einem anderen Ansatz, benannt Time Difference of Arrival (TDOA), wird die Empfangszeit eines Signals von einem mobilen Gerät bei mehreren Basisstationen gemessen. [Fig. 1](#) trifft auf diesen Fall zu, wenn die Pfeile von TR1, TR2 und TR3 umgekehrt werden. Diese Zeitmessdaten können dann zu dem Ortsserver kommuniziert werden, um die Position des mobilen Geräts zu berechnen.

[0005] Noch ein drittes Verfahren der Durchführung von Positionslokalisierung beinhaltet die Verwendung in dem mobilen Gerät eines Empfängers für das United States Global Positioning Satellite (GPS) System oder andere Satellitenpositionierungssysteme (SPS = Satellite Positioning System), wie das russische Glonass System oder das vorgeschlagene europäische Galileo System, oder eine Kombination von Satelliten und Pseudolites. Pseudolites sind bodenbasierte Übertrager, welche einen TN Code (ähnlich zu einem GPS Signal) übertragen, moduliert auf einem L Band Trägersignal im Allgemeinen synchronisiert mit SPS Zeit. Jedem Übertrager kann ein einzigartiger PN Code derart zugeordnet sein, dass die Identifikation durch einen entfernten Empfänger erlaubt wird. Pseudolites sind nützlich in Situationen, in welchen SPS Signale von einem sich im Orbit befindlichen Satelliten nicht verfügbar sein können, wie in Tunneln, Minen, Gebäuden oder anderen umschlossenen Gebieten. Der Ausdruck „Satellit“, wie hierin verwendet, beabsichtigt, Pseudolites oder Äquivalente von Pseudolites zu umfassen, und der Ausdruck GPS Signale, wie hierin verwendet, beabsichtigt, GPS ähnliche Signale von Pseudolites oder Äquivalenten von Pseudolites zu umfassen. Ein solches Verfahren unter Verwendung eines Empfängers für SPS Signale kann vollständig autonom sein oder kann das zellulare Netzwerk verwenden, um Assistenzdaten zu liefern, oder um die Positionsberechnung aufzuteilen. Beispiele eines solchen Verfahrens sind in den U.S. Patenten Nr. 5,841,396; Nr. 5,945,944; und Nr. 5,812,087 beschrieben. Als eine Abkürzung bezeichnen wir diese verschiedenen Verfahren mit „SPS“. In tatsächlichen preiswerten Implementierungen werden sowohl die mobilen zellularen Kommunikationsempfänger wie auch die SPS Empfänger in das gleiche Gehäuse integriert und können in der Tat gemeinsame elektrische Schaltkreise teilen.

[0006] Eine Kombination von entweder dem AFLT oder TDOA mit einem SPS System wird ein „hybrides“ System genannt.

[0007] In noch einer anderen Variation dieser oben beschriebenen Verfahren wird der Round Trip Delay (RTD) für Signale gefunden, welche von der Basis-

station zu dem mobilen Gerät gesendet werden und dann zurückgesendet werden. In einem ähnlichen, aber alternativen Verfahren wird der Round Trip Delay für Signale gefunden, welche von dem mobilen Gerät zu der Basisstation gesendet werden und dann zurückgesendet werden. Jeder dieser Round Trip Delays wird durch zwei dividiert, um eine Abschätzung des One Way Zeitdelays zu bestimmen. Das Wissen um den Ort der Basisstation, zuzüglich zu einem One Way Delay, schränkt den Ort des mobilen Geräts auf einen Kreis auf der Erde ein. Zwei solcher Messungen resultieren dann in dem Schnitt von zwei Kreisen, welche somit den Ort auf zwei Punkte auf der Erde einschränken. Eine dritte Messung (sogar ein Winkel des Ankommens oder Zellsektor) löst diese Ungenauigkeit bzw. Mehrdeutigkeit auf.

[0008] Die Höhenhilfe bzw. Höhenunterstützung (Altitude-Aiding) wurde verwendet in verschiedenen Verfahren zum Bestimmen der Position eines mobilen Geräts. Die Höhenhilfe wird typischerweise basiert auf einer Pseudomessung der Höhe. Das Wissen um die Höhe eines Ortes eines mobilen Geräts schränkt die möglichen Positionen des mobilen Geräts auf eine Oberfläche einer Kugel (oder ein Ellipsoid) ein, deren Mitte auf der Mitte der Erde lokalisiert ist. Dieses Wissen kann verwendet werden, um die Anzahl von unabhängigen Messungen zu reduzieren, welche benötigt werden, um die Position des mobilen Geräts zu bestimmen. Typischerweise kann eine abgeschätzte Höhe manuell durch den Operator des mobilen Geräts geliefert werden, oder kann auf eine Höhe von einer vorhergehenden dreidimensionalen Lösung eingestellt werden, oder kann auf einen vorbestimmten Wert eingestellt werden, oder kann von Abbildungsinformation, wie eine topologische oder geodätische Datenbank, welche auf dem Ortsserver gehalten wird, abgeleitet werden.

[0009] U.S. Patent Nr. 6,061,018 beschreibt ein Verfahren, in welchem eine geschätzte Höhe von der Information eines Zellobjekts abgeleitet wird, welches ein Zellstandort sein kann, welcher einen Zellstands-ortsübertrager in Kommunikation mit dem mobilen Gerät hat. U.S. Patent Nr. 6,016,018 beschreibt auch ein Verfahren zur Bestimmung des Zustands der Messungen der Pseudodistanz (Pseudoranges) von einer Vielzahl von SPS Satelliten durch Vergleich einer Höhe, welche von den Pseudodistanzmessungen mit der abgeschätzten Höhe berechnet werden.

[0010] Manchmal wird eine Tabelle von Höhendaten niedriger Auflösung im Speicher gespeichert. Typischerweise wird Abbildungsinformation hoher Auflösung wie eine topographische oder geodätische Datenbank in einer oder mehreren flachen Dateien (nicht indiziert) bei dem Ortsserver gehalten. Zum Beispiel kann ein globales digitales Höhenmodell (DEM = Digital Elevation Model) mit einem horizontalen Mittelabstand von 30 Bogensekunden (ungefähr

1 km) von dem U.S. Geological Survey auf einem Satz von 5 CD-ROMS erhalten werden. Ein DEM Pfeil von dem U.S. Geological Survey (<http://edcd-aac.usgs.gov>) wird als 16 Bit signierte Integerzahlen in einem einfachen generischen Rasterformat geliefert. Es gibt eine begrenzte Anzahl von Header- bzw. Vorspann- und manchmal Trailer- bzw. Nachspann-Bytes, welche in die Bilddaten eingebettet sind. Die Daten werden in Zeilenhauptordnung gespeichert (alle die Daten für Reihe 1, gefolgt von all den Daten für Reihe 2, etc.).

[0011] Manchmal wird ein Digital Elevation Model (DEM) auch als ein digitales Geländemodell (DTM = Digital Terrain Model) bezeichnet.

[0012] U.S. Patent Nr. 5,902,347 beschreibt ein in der Hand gehaltenes Gerät zur Navigation, Abbildung und Positionierung, welches einen GPS Empfänger und eine Datenbank enthält, welche dazu in der Lage ist, Vektor- oder Bitabgebildete Grafiken zu speichern. U.S. Patent Nr. 6,023,278 beschreibt ein digitales Kartensystem zum Anzeigen von dreidimensionalen Geländedaten unter Verwendung von Geländedaten in der Form von Polygonen.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0013] Die Erfindung betrifft Verfahren und Vorrichtungen zum Erzeugen von komprimierten und indizierten Höhen von digitalen Höhenmodellen und zum Zugreifen darauf gemäß den angefügten Ansprüchen. In einem Aspekt der Erfindung weist ein Verfahren zum Speichern von Höhendaten Folgendes auf: komprimierte Höhendaten eines ersten Teiles eines digitalen Höhenmodells (DEM = Digital Elevation Model), um erste komprimierte Höhendaten zu erzeugen; Speichern der ersten komprimierten Höhendaten in einem Speicherort, auf welchem durch einen ersten Index gezeigt wird; und Speichern des ersten Indexes. In einem Beispiel gemäß diesem Aspekt werden die Höhendaten des ersten Teils komprimiert durch: Subtraktion einer Referenzhöhe von den Höhendaten des ersten Teils des digitalen Höhenmodells (DEM), um normalisierte Höhendaten zu erhalten; Skalierung der normalisierten Höhendaten, um skalierte Höhendaten zu erzeugen; und das Ausführen von Mengenkodierung auf die skalierten Höhendaten, um die ersten komprimierten Höhendaten zu erzeugen. In einem Beispiel sind die Parameter, welche zur Bestimmungen benötigt werden, ob ein Ort in dem ersten Teil des digitalen Höhenmodells ist oder nicht, so wie auch die Transformationsdaten, welche ein Koordinatensystem spezifizieren, welches verwendet wird, um die Höhendaten des ersten Teils des digitalen Höhenmodells zu repräsentieren, auch gespeichert. In einem Beispiel wird ein digitales Höhenmodell in eine Vielzahl von Gebieten aufgeteilt; ein Gebiet des digitalen Höhenmodells wird in eine Vielzahl von Kacheln aufgeteilt; und die Profile in jedem

der Vielzahl von Kacheln eines Gebiets des digitalen Höhenmodells werden individuell komprimiert. Parameter, welche benötigt werden zum Bestimmen, ob ein Ort in der einen von einer Vielzahl von Kacheln ist oder nicht, wie auch der Parameter, welche zur Bestimmung benötigt werden, ob ein Ort in einer der Vielzahl von Gebieten ist oder nicht, werden abgespeichert.

[0014] In einem anderen Aspekt der Erfindung weist ein Verfahren zum Abrufen von Höhendaten Folgendes auf: Lokalisieren eines ersten komprimierten Teils eines digitalen Höhenmodells (DEM) unter Verwendung eines ersten Index; und Dekomprimierung des ersten komprimierten Teils zum Abrufen von ersten Höhendaten für mindestens einen Abtaststrich bzw. Samplepunkts in dem digitalen Höhenmodell. Das digitale Höhenmodell hat eine Vielzahl von komprimierten Teilen, welche den ersten komprimierten Teil enthalten; und der erste Index zeigt auf einen Speicherort, in welchem der erste komprimierte Teil gespeichert ist.

[0015] In einem Beispiel gemäß diesem Aspekt wird der erste komprimierte Teil dekomprimiert durch: Ausführen von Längendekodierung des ersten komprimierten Teils zum Erzeugen von skalierten Höhendaten; Inversskalierung der skalierten Höhendaten zum Erzeugen von normalisierten Höhendaten; und Addieren einer Referenzhöhe zu den normalisierten Höhendaten, um die ersten Höhendaten zu erzeugen. In einem Beispiel gemäß diesem Aspekt werden die Vielzahl von komprimierten Teilen in einem von folgenden gespeichert: a) eine Speicher abgebildete Datei (MMF = Memory Map File), b) Random Access Memory (RAM); und c) eine Datei in einem Dateisystem eines digitalen Verarbeitungssystems; und die Vielzahl von komprimierten Teilen sind Teile von komprimierten Profilen in einer Kachel des digitalen Höhenmodells.

[0016] In einem Beispiel, um eine Höhe eines Orts zu berechnen, wird ein Gebiet in einer Vielzahl von Gebieten eines digitalen Höhenmodells identifiziert; eine Kachel, welche den Ort beinhaltet, wird von einer Vielzahl von Kacheln in dem Gebiet identifiziert; ein Profil, welches in der Nähe des Orts ist, wird identifiziert; und mindestens ein Teil des Profils wird dekomprimiert, um Höhendaten von mindestens einem Samplepunkt abzurufen. Eine Vielzahl von Samplepunkten in der Nähe des Orts wird identifiziert. Nachdem die Höhen der Vielzahl von Samplepunkten von dem digitalen Höhenmodell abgerufen wurden, wird die Höhe des Orts durch eine Interpolation unter Verwendung der Höhen der Vielzahl von Samplepunkten berechnet. Eine Koordinatentransformation wird durchgeführt, um eine horizontale Position des Orts in einem Koordinatensystem auszudrücken, welches durch das digitale Höhenmodell verwendet wird. In der Berechnung der Höhe des Orts wird eine Koordi-

natentransformation derart durchgeführt, dass die Höhe des Orts in einem Koordinatensystem ausgedrückt wird, welches durch eine Positionsbestimmungseinheit verwendet wird. Die Höhe des Orts wird durch die Positionsbestimmungseinheit geliefert, um Höhenunterstützung bzw. -hilfe in einem Positionierungssystem durchzuführen. Die Höhe wird in Echtzeit ansprechend auf eine Anforderung von einer Positionsbestimmungseinheit in einem Szenario geliefert; und die Höhe wird vorgesehen, um Information für Basisstations-Almanach-Daten einzufüllen, welche nachfolgend durch eine Positionsbestimmungseinheit zur Höhenhilfe in einem anderen Szenario verwendet werden.

[0017] Die vorliegende Erfindung weist Vorrichtungen auf, welche diese Verfahren ausführen, einschließlich eines Datenverarbeitungssystems, welches diese Verfahren ausführt, und computerlesbare Medien, welche, wenn sie mit Datenverarbeitungssystemen ausgeführt werden, verursachen, dass diese Systeme diese Verfahren durchführen.

[0018] Andere Merkmale der vorliegenden Erfindung werden offensichtlich von den beigefügten Zeichnungen und von der detaillierten Beschreibung, welche folgt.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0019] Die vorliegende Erfindung ist beispielhaft illustriert und nicht eingeschränkt durch die Figuren der beigefügten Zeichnungen, in welchen gleiche Bezugssymbole ähnliche Elemente bezeichnen:

[0020] [Fig. 1](#) zeigt ein Beispiel eines zellulären Netzwerks gemäß dem Stand der Technik, welches die Position eines mobilen zellulären Geräts bestimmt.

[0021] [Fig. 2](#) zeigt ein Beispiel eines Ortservers, welcher mit der vorliegenden Erfindung verwendet werden kann.

[0022] [Fig. 3](#) zeigt ein Verfahren zur Verwendung einer Geländehöhendatenbank (TEDB = Terrain Elevation Database), um Geländehöheninformationen in Echtzeit während Navigationsverarbeitung in einer Positionsbestimmungseinheit (PDE) gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Ausführung vorzusehen.

[0023] [Fig. 4](#) zeigt ein Verfahren, um Höheninformationen für Basisstationen Almanach-Daten einzufüllen, wobei diese Informationen während Navigationsverarbeitung in eine Positionsbestimmungseinheit (PDE) zur Höhenunterstützung verwendet werden kann, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

[0024] [Fig. 5](#) zeigt ein Verfahren zum Organisieren von digitalen Höhenmodellen gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

[0025] [Fig. 6](#) zeigt ein beispielhaftes Schema zum Nummerieren von Kacheln in einem Gebiet.

[0026] [Fig. 7](#) zeigt ein Beispiel eines Profils von Geländehöhendaten.

[0027] [Fig. 8](#) zeigt ein Verfahren zur Bestimmung von Geländehöhen für einen Ort von einem digitalen Höhenmodell (DEM) gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

[0028] [Fig. 9](#) zeigt ein Serverhöhenunterstützungssubsystem gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

[0029] [Fig. 10](#) zeigt eine Datenrepräsentierung einer Kachel eines digitalen Höhenmodells (DEM) gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

[0030] [Fig. 11](#) zeigt eine Datenrepräsentierung eines Headers zum Speichern eines Teils eines digitalen Höhenmodells (DEM) gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

[0031] [Fig. 12](#) zeigt ein Lauflängenkodierungsschema, welches mit der vorliegenden Erfindung verwendet werden kann.

[0032] [Fig. 13](#) illustriert ein Beispiel des Kodierens eines Teils eines digitalen Höhenmodells (DEM) zum Speichern gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

[0033] [Fig. 14](#) zeigt ein Verfahren zum Kodieren eines Teils eines digitalen Höhenmodells (DEM) zum Speichern gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

[0034] [Fig. 15](#) zeigt ein Verfahren zum Berechnen der Höhe eines Orts gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

[0035] [Fig. 16](#) zeigt ein Verfahren zum Abrufen und Dekodieren eines Teils eines digitalen Höhenmodells (DEM) zum Berechnen der Höhe eines Orts gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG

[0036] Die folgende Beschreibung und Zeichnungen sind illustrativ für die Erfindung und werden nicht als Einschränkung der Erfindung betrachtet. Verschiedene spezifische Details werden beschrieben, um ein gutes Verständnis der vorliegenden Erfindung

zu liefern. In bestimmten Umständen jedoch werden gut bekannte oder konventionelle Details nicht beschrieben, um eine Verdunkelung der Beschreibung der vorliegenden Erfindung zu vermeiden.

[0037] Mindestens ein Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung beabsichtigt, Geländehöhendaten effektiv in einer Datenbank zu speichern und die Geländehöhendaten in der Datenbank effektiv zu nutzen, um eine abgeschätzte Höhe für einen Ort zu liefern. [Fig. 2](#) zeigt ein Beispiel eines Datenverarbeitungssystems, welches in einem Server in verschiedenen Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung verwendet werden kann. Zum Beispiel wie in U.S. Patent Nr. 5,841,396 beschrieben, kann der Server Assistenzdaten wie Doppler- oder andere satellitennassistierte Daten zu dem GPS Empfänger in einer mobilen Station liefern. Zusätzlich, oder alternativ, kann der Ortsserver die endgültige Positionsberechnung durchführen, anstatt der mobilen Station (nach dem Empfang von Pseudoabständen bzw.-distanzen oder anderen Daten, von welchen Pseudoabstände bestimmt werden können, von der Mobilstation), und dann kann er diese Positionsbestimmung zu der Basisstation oder zu einem anderen System weiterleiten. Das Datenverarbeitungssystem als ein Ortsserver weist typischerweise Kommunikationsgeräte **212** auf, wie Modems oder Netzwerk-Interfaces. Der Ortsserver kann mit einer Anzahl von verschiedenen Netzwerken durch Kommunikationsgeräte **212** (z. B. Modems oder andere Netzwerk-Interfaces) verbunden sein. Solche Netzwerke umfassen die zellulare Vermittlungsstelle oder mehrere zellulare Vermittlungsstellen **225**, die landbasierten Telefonsystem-vermittler **223**, zellulare Basisstationen, andere GPS Signalquellen **227** oder andere Prozessoren von anderen Ortsservern **221**.

[0038] Mehrere zellulare Basisstationen sind typischerweise angeordnet, um ein geographisches Gebiet mit Funkabdeckung abzudecken, und diese verschiedenen Basisstationen sind mit mindestens einer Mobilvermittlungsstelle verbunden, wie im Stand der Technik gut bekannt ist (siehe z. B. [Fig. 1](#)). Somit würden mehrere Basisstationen geographisch verteilt sein, aber miteinander durch eine Mobilvermittlungsstelle verbunden. Das Netzwerk **220** kann mit einem Netzwerk von Referenz GPS Empfängern verbunden sein, welches Differential GPS Information zur Differential GPS Information liefert und auch GPS Ephemeris-Daten zur Verwendung bei der Berechnung der Positionen von mobilen Systemen liefern kann. Das Netzwerk ist durch ein Modem oder anderes Kommunikationsinterface mit dem Prozessor **203** verbunden. Das Netzwerk **220** kann mit anderen Computern oder Netzwerkkomponenten verbunden sein. Auch kann das Netzwerk **220** mit Computersystemen verbunden sein, welche durch Notfallopferoperatoren betrieben werden, wie öffentliche Sicherheitsantwortpunkte (Public Safety Answering Points), wel-

che 911 Telefonanrufe beantworten. Verschiedene Beispiele von Verfahren zur Verwendung in einem Ortsserver wurden in mehreren U.S. Patenten beschrieben, einschließlich: U.S. Patente Nr. 5,841,396; Nr. 5,874,914; Nr. 5,812,087; und Nr. 6,215,442.

[0039] Der Ortsserver **201**, welcher eine Form des Datenverarbeitungssystems ist, weist einen Bus **202** auf, welcher mit einem Mikroprozessor **203** und einem ROM **207** und einem flüchtigen RAM **205** und einem nichtflüchtigen Speicher **206** verbunden ist. Der Prozessor **203** ist mit einem Cash-Speicher **204** verbunden, wie in dem Beispiel von [Fig. 2](#) gezeigt ist. Der Bus **202** verbindet diese verschiedenen Komponenten miteinander. Während [Fig. 2](#) zeigt, dass der nichtflüchtige Speicher ein lokales Gerät ist, welches direkt mit dem Rest der Komponenten in dem Datenverarbeitungssystem verbunden ist, wird es erkannt werden, dass die vorliegende Erfindung einen nichtflüchtigen Speicher verwenden kann, welcher entfernt von dem System ist, wie ein Netzwerkspeichergerät, welches mit dem Datenverarbeitungssystem durch ein Netzwerk-Interface wie ein Modem oder Ethernet-Interface verbunden ist. Der Bus **202** kann einen oder mehrere Busse aufweisen, welche miteinander durch verschiedene Brücken, Controller und/oder Adapter verbunden sind, wie im Stand der Technik gut bekannt ist. In vielen Situationen kann der Ortsserver eine Operation automatisch ohne menschliche Assistenz ausführen. In manchen Designs, in welchen menschliche Interaktion benötigt wird, kann der I/O Controller **209** mit Displays, Tastaturen und anderen I/O Geräten kommunizieren.

[0040] Man beachte, dass, wie in [Fig. 2](#) verschiedene Komponenten eines Datenverarbeitungssystems illustriert sind, es nicht beabsichtigt ist, irgendeine bestimmte Architektur oder Art und Weise der Verbindung der Komponenten zu repräsentieren, weil solche Details nicht für die vorliegende Erfindung wesentlich sind. Es wird auch erkannt werden, dass Netzwerkcomputer und andere Datenbearbeitungssysteme, welche weniger Komponenten haben oder vielleicht mehr Komponenten, auch mit der vorliegenden Erfindung verwendet werden können und als Ortsserver oder PDE wirken können.

[0041] Es wird von dieser Beschreibung offensichtlich werden, dass Aspekte der vorliegenden Erfindung mindestens teilweise in Software ausgeführt werden können. Dies bedeutet, dass die Techniken in einem Computersystem oder anderen Datenverarbeitungssystemen ansprechend darauf ausgeführt werden können, dass der Prozessor eine Sequenz von Anweisungen, welche in einem Speicher wie einem ROM **207**, flüchtigen RAM **205**, nichtflüchtigen Speicher **206**, Cache **204** oder einem entfernten Speichergerät enthalten sind, ausführt. In verschiedenen Ausführungsbeispielen können fest verdrahte-

te Schaltungen in Kombination mit Software-Anweisungen verwendet werden, um die vorliegende Erfindung auszuführen. Somit sind die Techniken nicht eingeschränkt auf irgendeine spezifische Kombination von Hardware-Schaltungen und Software, noch auf irgendwelche bestimmten Quellen für die Anweisungen, welche durch das Datenverarbeitungssystem ausgeführt werden. Zusätzlich werden durchgängig in dieser Beschreibung verschiedene Funktionen und Operationen beschrieben, als durchgeführt oder verursacht durch Software-Code, um die Beschreibung zu vereinfachen. Jedoch wird der Fachmann erkennen, was durch solche Ausdrücke gemeint ist, nämlich dass Funktionen von der Ausführung des Codes durch einen Prozessor, wie den Prozessor **203**, resultieren.

[0042] In einigen Ausführungsbeispielen können die Verfahren der vorliegenden Erfindung auf Computersystemen ausgeführt werden, welche simultan für andere Funktionen verwendet werden, wie zellulare Vermittlung, Nachrichtendienste etc. In solchen Fällen würde einige oder die gesamte Hardware von [Fig. 2](#) für mehrere Funktionen geteilt werden.

[0043] Während das Speichern oder Abrufen von Geländehöheninformationen von einer Datenbank auf einem Ortsserver ausgeführt werden kann, können diese Operationen auch auf anderen digitalen Verarbeitungssystemen ähnlich zu denjenigen, welches in [Fig. 2](#) illustriert ist, ausgeführt werden.

[0044] [Fig. 3](#) zeigt ein Verfahren zur Verwendung einer Geländehöheninformationenbank (TEDB) zum Vorsehen von Geländehöheninformationen in Echtzeit während Navigationsverarbeitung in einer Positionsbestimmungseinheit (PDE) gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Die Geländehöheninformationenbank (TEDB) **301**, gespeichert gemäß der vorliegenden Erfindung (z. B. in dem Random Access Memory (RAM) oder auf einer Festplatte) liefert Echtzeitzugriff auf Leitung **311** zu einem Ortsserver **305** zur Höhenunterstützung. Der Ortsserver **305** kann effizient eine Höhe für einen gegebenen Ort in dem Prozess des Bestimmens eines Orts einer mobilen Station abrufen.

[0045] In einem Beispiel liefern die Almanach-Daten **303** auf einer Basisstation eine abgeschätzte horizontale Position des Zellstandorts zu dem Ortsserver, welcher verwendet werden kann, um eine anfängliche Abschätzung der Höhe der mobilen Station zu erhalten.

[0046] SPS Signale **309**, welche von den Basisstationen oder GPS Satelliten (oder anderen Typen von SPS Satelliten) emittiert wurden, werden bei einer mobilen Station empfangen. Das SPS Signal **307**, welches bei einer mobilen Station empfangen wurde, wird verwendet, um die Ankunftszeiten der SPS Sig-

nale zu bestimmen, welche von den Basisstationen oder SPS Satelliten emittiert wird. Der Ortsserver 305 verwendet die Ankunftszeiten, um die Position der mobilen Station zu bestimmen.

[0047] In den Prozess der iterativen Bestimmung der Position der mobilen Station können bessere Abschätzungen der Höhe der mobilen Station von den TEDB 301 erhalten werden, wenn der Ortsserver 305 genauer horizontale Koordinaten der mobilen Station von der Ankunftszeit (oder Pseudoabständen) bestimmt.

[0048] In einem anderen Beispiel kann die horizontale Position, welche von der Ankunftszeit bestimmt wurde, verwendet werden, um eine abgeschätzte Höhe der Mobilstation von der TEDB abzurufen, um den Zustand der Ankunftszeit (oder Pseudoabstand) Messungen unter Verwendung des Verfahrens, welches in U.S. Patent Nr. 6,061,018 beschrieben ist, zu bestimmen.

[0049] Während [Fig. 3](#) ein Beispiel illustriert, in welchem die Ankunftszeit bei einer mobilen Station gemessen wird, wie in einem AFLT System, einem SPS System oder einem hybriden AFLT System, wird es erkannt werden, dass ein solcher Zeitzugriff auf eine TEDB auch in anderen Positionierungssystemen verwendet werden kann, in welchen die Ankunftszeiten der Basisstationen gemessen werden, wie in einem TDOA System, in welchem Ankunftszeiten eines Signals von einer mobilen Station bei einer Vielzahl von Basisstationen bestimmt werden.

[0050] [Fig. 4](#) zeigt ein Verfahren zum Einfüllen von Höheninformationen für Basisstations-Almanach-Daten, wobei die Informationen während Navigationsverarbeitung in einer Positionsbestimmungseinheit (PDE) zur Höhenunterstützung verwendet werden kann, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Die Geländehöhendatenbank (TEDB) 401, gespeichert gemäß der vorliegenden Erfindung (z. B. in einem Random Access Memory (RAM) oder einer Festplatte), sieht Offline Zugriff auf Leitung 411 zum Einfüllen der Höheninformation in die Almanach-Daten vor, welche auf einer Basisstation gehalten werden. In einem Beispiel wird ein Software-Modul, benannt Basisstation Almanach Computer/Editor (413), verwendet, um die abgeschätzte Geländehöhe für jeden Feldstandort, welcher in den Almanach-Daten aufgelistet ist, welche auf der Basisstation gehalten werden, zu berechnen. Die abgeschätzte Geländehöhe für jeden Feldstandort wird auf der Basisstation gehalten, um Höhenunterstützung für den Ortsserver 405 vorzusehen. Wenn jedoch der Offline-Zugriffsansatz verwendet wird, kann der Ortsserver keine besseren Abschätzungen der Höhe der mobilen Station erhalten, wenn einmal genauere Abschätzungen der horizontalen Position der mobilen Station von der Ankunftszeit der SPS Signa-

le, welche bei der mobilen Station empfangen wurden, abgeleitet wurden.

[0051] [Fig. 5](#) zeigt ein Verfahren zum Organisieren von digitalen Höhenmodellen gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Das Gebiet 501 eines digitalen Höhenmodells wird durch eine Vielzahl von rechteckigen Kacheln (z. B. Kachel 511, 512, 513 und 514) abgedeckt. Zum Beispiel können das Gebiet 501, die Vereinigten Staaten, oder Korea, oder Japan sein. Wenn digitale Höhenmodelle von verschiedenen Auflösungen verfügbar sind für eine bestimmte Region, wird eine Hierarchie von Kacheln verwendet. Eine Kachel bei einem niedrigeren Grad hat eine höhere Auflösung; eine Kachel bei einem höheren Grad hat eine geringere Auflösung. Eine Kachel eines höheren Grads hat einen Indikator, welcher anzeigt, ob es Kacheln mit niedrigerem Grad gibt, welche die gleiche Region des Gebiets modellieren. Zum Beispiel modellieren die Kachel 511 und die Subkacheln 521, 522, 523, 524 die gleiche Region des Gebiets 501. Die Kachel 511 ist eine Kachel eines höheren Grads; die Kacheln 521, 522, 523 und 524 sind Kacheln eines niedrigeren Grads. Wenn die Höhe eines Orts nicht von einer Kachel eines niedrigeren Grads bestimmt werden kann, kann die Kachel eines höheren Grads, welche die Kachel eines niedrigeren Grads enthält, verwendet werden, um die Höhe des Orts mit geringerer Präzision zu bestimmen.

[0052] Ein solches hierarchisches Gitterschema ermöglicht eine schnelle Suche der Daten. Das Gebiet, welches den Ort enthält, wird zuerst identifiziert. Die Kachel des hohen Grades, welche den Ort enthält, wird dann identifiziert. Wenn es eine Kachel eines niedrigeren Grades gibt, wird auf die Kachel des niedrigeren Grades, welche den Ort enthält, zugegriffen. Die Kacheln werden aufgeteilt durch Koordinaten entlang der Breiten- und Längsrichtungen, derart, dass die Kachel, welche einen gegebenen Ort beinhaltet, einfach von den horizontalen Koordinaten des Orts identifiziert werden kann.

[0053] [Fig. 6](#) zeigt ein Beispielschema für die Nummerierung von Kacheln. Ein solches Schema kann verwendet werden, um Kacheln von niedrigerem Grad innerhalb einer Kachel höheren Grades oder Kacheln innerhalb eines Gebiets zu verfolgen. Bei Bildung eines rechteckigen Gitters werden die Kacheln spaltenweise oder zeilenweise nummeriert, um die Kacheln derart zu indizieren, dass der Index einer Kachel einfach von ihren Zeilen- und Spaltenindices bestimmt werden kann. Ihre Zeilen- und Spaltenindices können auch einfach bestimmt werden von einem Index der Kachel. In diesem Beispiel von [Fig. 6](#) werden die Kacheln von der oberen linken (Nordwest) Ecke der Region zeilenweise gezählt. Unter der Annahme, dass der Spaltenindex einer Kachel I ist, ist der Zeilenindex der Kachel J, und die Anzahl der

Spalten des Gitters ist N, der Index der Kachel ist J·N + I. Unter der Annahme, dass der Index der Kachel M ist, ist der Spaltenindex I = mod (M, N); und der Zeilenindex ist J = (M – 1)/M. Weil der Spaltenindex und der Zeilenindex der Kachel, welche einen gegebenen Ort enthält, von den horizontalen Koordinaten des Orts und der Position des Gitters berechnet werden kann, kann die Kachel, welche den Ort enthält, leicht identifiziert werden.

[0054] [Fig. 7](#) zeigt ein Beispiel eines Profils der Geländehöhe. Entlang einer Breiten- (oder Längs-) Scannlinie in einer Kachel eines digitalen Höhenmodells bilden die Höhen einer Vielzahl von Samplepunkten ein Profil. Eine Interpolation der Höhen bei den Samplepunkten liefert die Höhe für jeden gegebenen Punkt auf der Linie. Zum Beispiel repräsentiert die Höhe **703** die Höhe bei Punkt H_n ; und die Kurve **701** repräsentiert ein Höhenmodell für das Segment zwischen den Punkten H_0 und H_m . Verschiedene 1D Interpolationsschemata können verwendet werden, um die Kurve **701** zu generieren.

[0055] [Fig. 8](#) zeigt ein Verfahren zum Bestimmen der Geländehöhe für einen Ort von einem digitalen Höhenmodell (DEM) gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Eine Kachel des DEM enthält eine Vielzahl von Profilen. Zum Beispiel sind die Profile P_1 , P_2 , P_3 und P_4 in [Fig. 8](#) innerhalb einer einzigen Kachel des DEM enthalten. Die Höhe eines Orts kann bestimmt werden von den Höhen der Samplepunkte in der Nähe des Orts. Zum Beispiel kann die Höhe von Punkt X in [Fig. 8](#) durch eine Interpolation unter Verwendung der Höhen bei den Samplepunkten X_1 , X_2 , X_3 und X_4 bestimmt werden. In dem Beispiel von [Fig. 8](#) wird eine bilineare Interpolation verwendet, um die Höhe eines Punktes zwischen zwei Profilen und zwischen zwei Linien von Samplepunkten zu bestimmen (welche in eine Richtung sind, welche nicht parallel zu den Linien von Profilen ist). In einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird ein biquadratisches Interpolationsschema verwendet, um die Höhe eines Orts unter Verwendung der Höhen der Samplepunkte in der Nähe des Orts in einer Kachel des digitalen Höhenmodells zu bestimmen.

[0056] Die Profildaten für eine Kachel werden typischerweise in einem gebietsspezifischen Koordinatensystem gespeichert. Zum Beispiel können die horizontalen Koordinaten in einem WGS84 System oder in einem NAD83 System, oder in einem System, welches spezifisch ist für Japan oder Korea repräsentiert werden; und ein vertikales Koordinatensystem kann ein Mittleres Seepegel (MSL = Mean Sea Level) System (z.B. NAD88 oder NAD27), oder ein Höhe über Ellipsoid (HAE = Height Above Ellipsoid) System sein. Man beachte, dass verschiedene HAE Systeme (z.B. ein WGS84 System, ein WGS72 System, ein Clarke 1866 System oder ein Bessel 1841

System) verschiedene Ellipsoidenmodelle verwenden können (z.B. verschiedene Semihauptachsen und Abflachungsverhältnisse). Datentabellen können verwendet werden, um Transformationen von mehreren verschiedenen Koordinatensystemen zu einem Koordinatensystem zu definieren (z.B. das Koordinatensystem, welches durch TDE verwendet wird, wie ein WGS84 System).

[0057] [Fig. 9](#) zeigt ein Serverhöhenunterstützungssubsystem gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Das Serverhöhenunterstützungssubsystem **901** enthält den Interpolator **910**, den geodätischen Computer **920**, den digitalen Höhenmodellmanager **930** und den digitalen Höhenmodelldatenzugriffsmanager **940**.

[0058] Der Interpolator **910** enthält den 1D Interpolator **911** und den 2D Interpolator **913**, um Interpolationen in 1D und 2D vorzusehen. In einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung kann der 2D Interpolator eine bilineare Interpolation durchführen, welche durch NGS (National Geodetic Survey) und NIMA (National Imaging and Mapping Agency) zum Interpolieren von verschiedenen Gittern von Daten verwendet wird. In einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung kann der 2D Interpolator auch biquadratische Interpolationen ausführen, um die Höhe eines Orts von den Höhen der Samplepunkte in der Nähe des Orts zu berechnen.

[0059] Der geodätische Computer **920** enthält den Datum- bzw. Datentransformationsmanager **921** und den Kartenprojektor **923**. Der geodätische Computer **920** wird verwendet, um die Transformation von Koordination eines Orts zwischen einem Koordinatensystem (z.B. einem System, welches durch den Ortsserver verwendet wird), und einem anderen Koordinatensystem (z.B. einem System, welches von einer DEM Kachel verwendet wird) durchzuführen. Das allgemeine analytische Transformationsverfahren von Molodensky kann verwendet werden für die Datentransformation für Japan; ein NADCON Interpolationsbasiertes Verfahren kann verwendet werden, um USA NAD27 DEM Daten zu transformieren. Wenn das horizontale Koordinatenystem für die DEM Kachel ein WGS72 System ist, kann die Molodensky- oder eine 7 Parameter S Transformation verwendet werden, um die Transformation auszuführen. Der geodätische Computer **920** kann auch andere Transformationen verwenden, wie 3D Ähnlichkeitstransformation (auch bekannt als Bursa-Wolf Transformation).

[0060] Der DEM Manager **930** enthält das Kachelgebiet **931**, welches ferner Kacheln des DEM (**933**) enthält. Die Kacheln des DEM enthalten Höhendaten, welche in einem RAM oder in speicherabgebildeten Dateien (MMF = Memory Mapped Files), oder Dateien auf einem Diskettenlaufwerk (z.B. eine Fest-

platte, eine CD-ROM, eine DVD-ROM, etc.) gespeichert sind. Ein DEM Manager wird verwendet, um die hierarchischen Listen von Kacheln zu speichern und zu managen.

[0061] Der DEM Datenzugriffsmanager **940** enthält den Decoder **941** und den Kodierer **943**, um Zugriff auf Kacheln für verschiedene Speichermechanismen vorzusehen (z.B. Festplatte oder Speicher). Der Kodierer **943** kann ein TEM Modell von einer flachen Datei in eine indizierte und komprimierte TEDB transformieren, unter Verwendung des unten beschriebenen Verfahrens. Der Decoder **941** kann ein DEM Modell dekodieren, welches in einer indizierten und komprimierten TEDB kodiert ist, um auf die Höhendaten in der Datenbank zuzugreifen.

[0062] [Fig. 10](#) zeigt eine Datenrepräsentation einer Kachel eines digitalen Höhenmodells (DEM) gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung werden die Daten für verschiedene Profile in einer Kachel unter Verwendung des unten beschriebenen Schemas komprimiert. Um die Profile in einer Kachel in einem Speicherplatz zu speichern, welcher in [Fig. 10](#) gezeigt ist, wird ein Kachelheader **1001** verwendet, um die gemeinsamen Daten (Metadaten) für die Kachel zu spezifizieren, was notwendig ist, um das DEM in der Kachel zu interpretieren. Die Indizes **1011** bis **1019** werden nach dem Kachelheader **1001** gespeichert, um die Orte der Startpunkte der Daten für verschiedene Profile anzugeben. Z.B. zeigt der Index **1012** auf den Header **1022** für Profil 1, welcher Metadaten enthält, welche spezifisch sind zum Interpretieren von komprimierten Höhendaten **1032** für Profil 1. Ähnlich zeigt der Index **1019** auf den Header **1029** für das Profil n. Im Allgemeinen benötigen komprimierte Höhendaten für verschiedene Profile Speicherplätze von verschiedener Größe. Von den horizontalen Koordinaten eines gegebenen Orts können die Profile, welche Samplepunkte in der Nähe des Orts enthalten, aus dem Kachelheader bestimmt werden. Auf die Indizes dieser Profile kann zugegriffen werden, um den Ort der Profilheader und der komprimierten Höhendaten für diese Profile zu bestimmen. Die Indizes der Samplepunkte in der Nähe des Orts in den Profilen können von dem Kachelheader bestimmt werden (und in einigen Ausführungsbeispielen den Profilheadern).

[0063] [Fig. 11](#) zeigt eine Datenrepräsentation eines Headers zum Speichern eines Teils eines digitalen Höhenmodells (DEM) gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Die Daten **1101** enthalten den Typ des Eintrags und die Länge des Headers. Der Typ des Eintrags zeigt an, ob der Header ein Profilheader oder ein Kachelheader ist. Das Merkmal **1103** enthält Indikatoren, welche den Typ von Daten anzeigen, welche in dieser Kachel enthal-

ten sind, welcher DEM, Geoid, Breiten- oder Längendatentranslationen sein können. Das horizontale Datensystem **1105** spezifiziert das Koordinatensystem, welches verwendet wird, um die horizontalen Positionen der Samplepunkte zu repräsentieren, was ein geographisches System, ein UTM System, etc. sein kann. Das vertikale Koordinatensystem **1107** spezifiziert das Koordinatensystem, welches verwendet wird, um die Höhen der Samplepunkte zu repräsentieren, was local SL, MSL oder HAE, etc. sein kann. Die Einheiten **1190** spezifizieren die Einheiten, welche in der Messung der horizontalen Koordinaten und der Höhen verwendet werden. Die Profilordnung **1111** spezifiziert die Richtung von Profillinien (z.B. entlang Längsrichtung oder entlang Breitenrichtung), und die Anzahl von Samplepunkten entlang beider Richtungen in einer Kachel. Die Eckpunkte **1113** spezifizieren die Positionen der Eckpunkte der Kachel. Der Referenzpunkt **1115** spezifiziert den Referenzwert für Höhen, und die Breite und Länge von Startpunkten für Profile. Die Kachelgröße **1117** spezifiziert die Größe der Kachel in der Breitenrichtung und in der Längsrichtung. Die Subkachelspezifikation **1119** zeigt die Größe der Subkacheln unter der Kachel an, wenn sie existieren. Die Kompressionsparameter **1121** umfassen den Skalierungsfaktor, welcher in der Kodierung der Höhendaten verwendet wird, und einen Indikator, welcher anzeigt, ob die Höhendaten laufängenkodiert sind oder nicht. Details über den Skalierungsfaktor und Laufängenkodierung werden untenstehend beschrieben.

[0064] Von der oben stehenden Beschreibung wird es dem Fachmann offensichtlich sein, dass verschiedene Datenrepräsentationen von Headern, Kachelheader oder Profilheader verwendet werden können. Kachelheader und Profilheader können verschiedene Formate haben; ein Kachelheader kann mehr oder weniger Datenmerkmale haben als derjenige, welcher in [Fig. 11](#) gezeigt ist und ein Profilheader kann mehr oder weniger Datenmerkmale haben, als derjenige, welcher in [Fig. 11](#) gezeigt ist. Zum Beispiel kann ein Kachelheader ferner eine Zeichenkette aufweisen, welche die Quelle des DEM angeibt (z.B. von einem USGS Modell oder von einem NGS Modell) oder Byteordnungsinformation; zwischenzeitlich kann ein Profilheader nicht die Merkmale **1105** und **1107** zum Spezifizieren der Koordinatensysteme haben, weil alle Profile innerhalb einer Kachel das gleiche Koordinatensystem verwenden.

[0065] [Fig. 12](#) zeigt ein Laufängenkodierschema, welches verwendet werden kann mit der vorliegenden Erfindung. Eine Zeichenkette von Symbolen (z.B. Zahlen, welche Höhen repräsentieren) kann als Läufe und Sequenzen segmentiert sein. Ein Lauf ist eine kontinuierliche wiederholende Zeichenkette eines bestimmten Symbols. Eine Sequenz ist eine kontinuierliche, nicht wiederholende Zeichenkette von Symbolen. Zum Beispiel ist die Zeichenkette von

Symbolen zwischen den Symbolen **1201** und **1202** ein Lauf; und die Zeichenkette von Symbolen zwischen den Symbolen **1203** und **1204** ist eine Sequenz. Ein Lauf kann als eine Nummer kodiert sein, welche die Anzahl von Wiederholungen des Symbols und das Symbol selbst anzeigt. Zum Beispiel ist der Lauf zwischen den Symbolen **1201** und **1202** als Nummer **1211** kodiert, welche gleich ist zu der Anzahl von Wiederholungen abgezogen von Eins, und das Symbol **1212**. Ähnlich kann eine Sequenz kodiert werden als eine Nummer, welche die Länge der Zeichenkette von nicht wiederholenden Symbolen und die Zeichenkette von nicht wiederholenden Symbolen anzeigt. Zum Beispiel ist die Sequenz zwischen den Symbolen **1203** und **1204** durch die Nummer **1213** repräsentiert, welche gleich ist zu Eins, subtrahiert von der Anzahl von Symbolen zwischen den Symbolen **1203** und **1204**, und eine Kopie der Symbole (Symbole zwischen **1217** und **1214**). Ähnlich wird der Lauf zwischen den Symbolen **1205** und **1206** als Nummer **1215** und **1216** kodiert. In dem Beispiel von [Fig. 12](#) wird ein Lauf durch eine negative Zahl repräsentiert, welche einem Symbol vorangeht; und eine Sequenz wird durch eine nicht negative Zahl repräsentiert, welche einer Zeichenkette von Symbolen vorangeht. Somit können die kodierten Daten zwischen **1211** und **1216** decodiert werden, um die ursprüngliche Zeichenkette von Symbolen (zwischen **1201** und **1206**) in einem Decodierprozess wiederherzustellen.

[0066] [Fig. 13](#) illustriert ein Beispiel des Kodierens eines Teils eines digitalen Höhenmodells (DEM) zum Speichern gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Die Spalte **1303** repräsentiert die ursprünglichen Höhendaten eines DEM Profils. Der Samplepunkt von Zeile **1351** enthält das Minimum der Höhen für dieses Profil. Die Spalte **1305** repräsentiert die normalisierten Höhen, welche durch Subtraktion des minimalen Werts von den ursprünglichen Daten in Spalte **1303** erhalten werden. Die Spalte **1307** repräsentiert die skalierten Höhen, welche durch Division der normalisierten Höhen in Spalte **1305** durch den Skalierungsfaktor (vier) erhalten werden. In einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung können die Skalierungsfaktoren derart sein, dass die Division von Integerzahlen durch Bitshiftoperationen während des Kodierprozesses durchgeführt werden kann und die Multiplikation von Integerzahlen kann ausgeführt werden durch Bitshiftoperationen während des Decodierprozesses. In einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung, wenn die Höhen in der Einheit Meter gemessen werden, ist der maximale Skalierungsfaktor vier (d.h. das niedrigstwertige Bit (LSB = Least Significant Bit) der skalierten Höhe repräsentiert 4 Meter); wenn die Höhen in der Einheit Fuß gemessen werden, ist der maximale Skalierungsfaktor 16 (d.h. LSB = 16 Fuß). Nach der Normalisierung und dem Skalierprozess kann der Bereich der normalisierten Höhen derart reduziert

werden, dass die skalierten Höhen durch Integerzahlen repräsentiert werden können, welche weniger Speicherplatz benötigen. In einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung werden die ursprünglichen Daten durch 2 Byte Integerzahlen repräsentiert. Nach der Normalisierung und dem Skalierprozess können einige Profile durch skalierte und normalisierte Höhen als ein Byte Integerzahlen repräsentiert werden. Die skalierten und normalisierten Höhen in Spalte **1307** können ferner unter Verwendung eines Lauflängenkodierschemas komprimiert werden. Zum Beispiel können skalierte Höhen zwischen den Zeilen **1351** und **1352** als eine Sequenz (**1311**, **1312** und **1313**) kodiert werden; und solche zwischen den Zeilen **1353** und **1359** können als Lauf (**1321** und **1322**) kodiert werden.

[0067] [Fig. 14](#) zeigt ein Verfahren, um einen Teil eines digitalen Höhenmodells (DEM) zur Speicherung gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zu kodieren. Die Operation **1401** lädt Höhen eines Profils einer DEM Kachel. Typischerweise werden Höhendaten von einer flachen Datei (nicht indiziert) gelesen, welche ein digitales Höhenmodell eines Gebiets (zum Beispiel die Vereinigten Staaten, oder die Welt) enthält. Eine solche flache Datei ist groß in der Größe. Um das digitale Höhenmodell effizient zu speichern und darauf zuzugreifen werden die Operationen **1403** bis **1411** durchgeführt, um die Daten zu komprimieren und die Daten in einer oder mehreren indizierten Dateien zu speichern. Die Operation **1403** generiert normalerweise Höhen für das Profil. Die Höhen des Profils werden normalisiert mit Bezug auf einen Referenzwert. In einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung werden die normalisierten Höhen durch Subtraktion der minimalen Höhe für die DEM Kachel von den Höhen generiert. In einem anderen Ausführungsbeispiel werden die Höhen mit Bezug auf die minimale Höhe des Profils (oder mittlere Höhe des Profils) normalisiert. Die Operation **1405** skaliert die normalisierten Höhen, um skalierte Höhen zu generieren. In einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung benötigen die skalierten Höhen weniger Speicherplatz als die Höhen, welche von einer flachen Datei geladen werden, weil der Bereich der Daten nach Normalisierung und den Skalieroperationen reduziert wird. Zum Beispiel können ursprüngliche Höhendaten für ein Profil, welches durch 2 Byte Integerzahlen repräsentiert ist, durch 1 Byte skalierte Höhen repräsentiert werden. Die Operation **1407** lauflängenkodiert die skalierten Höhen, um komprimierte Höhendaten für das Profil zu generieren. Die Operation **1409** generiert einen Index zum Zugreifen auf die komprimierten Höhendaten in einer indizierten Datei. Der Index und die komprimierten Höhendaten werden in einer indizierten Datei in der Operation **1411** gespeichert.

[0068] Die Operationen **1401** bis **1411** können wiederholt werden, um eine Vielzahl von Profilen einer

DEM Kachel zu kodieren (komprimieren) und um die komprimierten Höhendaten für die Profile der Kachel in einer indizierten Datei zu speichern. In einem Ausführungsbeispiel werden komprimierte Höhendaten für verschiedene Kacheln eines digitalen Höhenmodells in verschiedenen Dateien gespeichert. Eine indizierte Datei wird für jede der Kacheln verwendet. Alternativ können mehrere Kacheln von komprimierten Höhendaten in einer indizierten Datei gespeichert werden, wo Indizes zum Zugreifen auf jede der Kacheln für schnelle Zugriffe auf individuelle Kacheln gespeichert werden. Mehrere Kacheln eines DEM, welches ein spezifisches geographisches Gebiet modelliert, können als ein Gebiet eines DEM organisiert werden. Ein DEM kann eine Vielzahl von Gebieten haben. Typischerweise werden die Höhendaten für die Kacheln von DEM in gebietsspezifischen Koordinatensystemen repräsentiert.

[0069] Wenn mehrere DEMs von verschiedenen Auflösungen verfügbar sind, werden die Kacheln von verschiedenen DEMs in einer Hierarchie wie oben stehend beschrieben (siehe [Fig. 5](#)) organisiert. Die indizierten Dateien speichern die Indikatoren, welche die Kacheln von verschiedenen Graden in der Hierarchie verlinken.

[0070] Die komprimierten und indizierten Höhendaten von einem oder mehreren digitalen Höhenmodellen bilden eine Geländehöhendatenbank (TEDB).

[0071] [Fig. 15](#) zeigt ein Verfahren zum Berechnen der Höhe eines Orts gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Nachdem die Operation **1501** erste horizontale Koordinaten eines Orts gemessen in einem ersten horizontalen Koordinatensystem (z.B. ein Koordinatensystem, welches durch die Positionsbestimmungseinheit verwendet wird) empfängt, konvertiert die Operation **1503** die ersten horizontalen Koordinaten des Orts in zweite horizontale Koordinaten des Orts gemessen in einem zweiten horizontalen Koordinatensystem, welches durch die Geländehöhendatenbank (TEDB) verwendet wird. Eine typische Positionsbestimmungseinheit verwendet ein WGS84 System zum Spezifizieren einer horizontalen Position; und eine TEDB speichert typischerweise Profile unter Verwendung von gebietsspezifischen Koordinatensystemen für verschiedene Gebiete wie ein Universal Transverse Mercator (UTM) System, ein geographisches System (Breite, Länge), ein lokales Koordinatensystem für eine Region (z.B. ein US staatsplanbasiertes System), etc. So mit wird eine Konversion in der Operation **1503** verwendet, um Koordinaten zu generieren, welche verwendet werden können, um Höhendaten in der TEDB in der Nähe des Orts, welcher durch die ersten horizontalen Koordinaten spezifiziert wird, zu suchen. Die Operation **1504** ruft Höhen einer Vielzahl von Punkten in der Nähe des Orts von der Geländehöhendatenbank ab. Nachdem die Operation **1507** die

Höhen der Vielzahl von Punkten in der Nähe des Orts interpoliert, um eine erste Höhe des Orts gemessen in einem ersten vertikalen Koordinatensystem, welches durch die Geländehöhendatenbank verwendet wird, zu berechnen, konvertiert die Operation **1509** die erste Höhe des Orts in eine zweite Höhe des Orts, gemessen in einem zweiten vertikalen Koordinatensystem (z.B. ein Koordinatensystem, welches durch eine Positionsbestimmungseinheit verwendet wird). Eine typische Positionsbestimmungseinheit verwendet ein Höhe über Ellipsoid (HAE) System zum Spezifizieren einer Höhe (Höhenlage); und eine TEDB speichert typischerweise Profile unter Verwendung von gebietsspezifischen Koordinatensystemen für verschiedene Gebiete, wie ein mittleres Seepegel (MSL) System, ein lokales Seepegel (Local SL) System oder ein Höhe über Ellipsoid – System. In einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird die abgeschätzte Genauigkeit (Standardabweichung) der interpolierten Geländehöhe auch in der Operation **1507** berechnet. Die Operation **1511** führt Höhenunterstützung unter Verwendung der zweiten Höhe des Orts aus. Alternativ kann die zweite Höhe des Orts zu einer Positionsbestimmungseinheit geliefert werden, um Höhenunterstützung durchzuführen. Die Berechnung der zweiten Höhe für Höhenunterstützung kann in der Form von Echtzeitzugriff wie in [Fig. 3](#) illustriert sein, oder in der Form von Offlinezugriff wie illustriert in [Fig. 4](#). Verschiedene Höhenunterstützungsverfahren, wie diejenigen, welche in U.S. Patent Nr. 6,061,018 beschrieben sind, können mit der vorliegenden Erfindung verwendet werden.

[0072] In einem Ausführungsbeispiel der Erfindung wird das Gebiet des DEM, welches den Ort enthält, identifiziert und abgerufen, um Höhen für eine Vielzahl von Punkten in der Nähe des Orts von der Geländehöhendatenbank abzurufen. Dann wird die Kachel des DEM, welche den Ort enthält, identifiziert und abgerufen. Von dem Header der Kachel werden die Profile, welche Punkte in der Nähe des Orts enthalten, identifiziert und darauf zugegriffen. Von den Headern der Profile und dem Header der Kachel werden die Punkte in der Nähe des Orts identifiziert. Nach dem Dekodieren von kleinsten Teilen der komprimierten Profile in der Geländehöhendatenbank können die Höhen der Vielzahl von Punkten in der Nähe des Orts abgerufen werden.

[0073] [Fig. 16](#) zeigt ein Verfahren zum Decodieren eines Teils eines digitalen Höhenmodells (DEM) zum Berechnen der Höhe eines Orts gemäß einem Ausführungsspiel der vorliegenden Erfindung. Die Operation **1601** erhält einen Index zum Zugreifen auf komprimierte Höhendaten für ein Profil in einer DEM Kachel. Die DEM Kachel kann in einer speicherabgebildeten Datei (MMF) oder in einem RAM oder in einer Datei auf einem Dateisystem eines digitalen Verarbeitungssystems (z.B. auf einer Festplatte, einer CD-ROM oder einer Netzwerkdatei), etc. gespeichert

sein. Zum Beispiel wird in [Fig. 10](#) nach der Identifizierung, dass das Profil n Punkte in der Nähe des Orts enthält, der Index **1019** für das Profil n erhalten, um auf die komprimierten Daten **1039** für das Profil n zugreifen.

[0074] Die Operation **1602** identifiziert die Punkte, welche in der Nähe des Orts in dem Profil sind. In einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird der Index verwendet, um den Profilheader abzurufen, von welchem die Indizes der Samplepunkte in dem Profil, welche in der Nähe des Orts sind, berechnet werden. In einem anderen Ausführungsbeispiel werden die Indizes der Samplepunkte in der Nähe des Orts unter Verwendung der Information in dem Kachelheader berechnet. Alternativ kann die Berechnung der Indizes der Samplepunkte in der Nähe des Orts sowohl den Kachelheader wie auch die Profilheader involvieren.

[0075] Nachdem die Operation **1603** die komprimierten Höhendaten für das Profil abgerufen hat, lauflängendekodiert die Operation **1605** die komprimierten Höhendaten, um skalierte Höhen für die Punkte in der Nähe des Orts zu erzeugen. Im Allgemeinen ist es notwendig, einen Teil eines komprimierten Profils lauflängenzudekodieren, um die skalierten Höhen für die Punkte in der Nähe des Orts zu erhalten. Die Operation **1607** skaliert die skalierten Höhen invers, um normalisierte Höhen zu generieren. Die Operation **1609** denormalisiert die normalisierten Höhen, um die Höhen für die Punkte in der Nähe des Orts wiederherzustellen. Die Referenzhöhe, welche von den ursprünglichen Höhendaten in dem Decodierprozess subtrahiert wird, wird zurück zu den normalisierten Höhen addiert, um die Höhen der Punkte in der Nähe des Orts zu reproduzieren. Die Operation **1610** berechnet die Höhe des Orts aus einer Interpolation unter Verwendung der Höhen der Punkte in der Nähe des Orts. In einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung werden die Operationen **1601** bis **1609** für eine Vielzahl von Profilen in der Nähe des Orts wiederholt, um Höhen für eine Vielzahl von Punkten in der Vielzahl von Profilen zu erhalten, bevor die Operation **1610** ausgeführt wird, um die Höhe des Orts zu berechnen; und eine biquadratische Interpolation wird verwendet, um die Höhe des Orts zu berechnen.

[0076] Weil die Geländehöhendatenbank gemäß verschiedener Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung die Höhendaten in einem komprimierten und indizierten Format speichert, wird weniger Speicherplatz benötigt. Somit können die komprimierten Höhendaten aus einem digitalen Höhenmodell (DEM) mit hoher Auflösung in einem Speichermedium mit schnellen Zugriffsgeschwindigkeiten (z.B. RAM oder speicherabgebildete Datei) für Echtzeit-Höhenunterstützung in dem Prozess der Positionsbestimmung in drahtlos assistierten hybriden Po-

sitionierungssystemen gespeichert werden.

[0077] Obwohl die vorliegende Erfindung mit einem Beispiel illustriert ist, in welchem jedes der Profile Höhendaten für Samplepunkte auf einer einzelnen Scanlinie enthält, kann die vorliegende Erfindung auch angewandt werden, wenn jedes der Profile für Samplepunkte eine Vielzahl von Scanlinien enthält.

[0078] In der vorhergehenden Spezifikation wurde die Erfindung mit Bezug auf spezifische exemplarische Ausführungsbeispiele davon beschrieben. Es wird offensichtlich sein, dass verschiedene Modifikationen daran ohne Abweichung von dem Umfang der Erfindung gemäß den folgenden Ansprüchen gemacht werden können. Die Spezifikationen und Zeichnungen sind dementsprechend in einer illustrativen Art und Weise, anstatt in einer einschränkenden Art und Weise zu betrachten.

Patentansprüche

1. Ein Verfahren zum Abrufen von Erhebungsbzw. Höhendaten zur Bestimmung der Position einer mobilen Vorrichtung, wobei das Verfahren Folgendes aufweist:

Lokalisieren eines ersten komprimierten Teils eines Digital Elevation Model (DEM) bzw. digitalen Höhenmodells unter Verwendung eines ersten Indexes, wobei das digitale Höhenmodell eine Vielzahl von komprimierten Teilen aufweist, die den ersten komprimierten Teil enthält, wobei der erste Index auf einen Speicherort zeigt, an dem der erste komprimierte Teil gespeichert ist;

Dekomprimieren des ersten komprimierten Teils, um erste Höhendaten für zumindest einen Abtast- bzw. Sample-Punkt (X_1, X_2, X_3, X_4) in dem digitalen Höhenmodell abzurufen; und

Verwenden der Höhendaten, um eine Höhenunterstützung (altitude aiding) (**1511**) in einem Positions- system, das der mobilen Vorrichtung zugeordnet ist, auszuführen.

2. Ein Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Vielzahl von komprimierten Teilen in einem der Folgenden gespeichert wird:

- ein Memory Mapped File (MMF) bzw. speicherabgebildete Datei;
- Schreib-Lese-Speicher (Random Access Memory (RAM)); und
- eine Datei in einem Dateisystem in einem digitalen Verarbeitungssystem.

3. Ein Verfahren nach Anspruch 2, wobei die Vielzahl von komprimierten Teilen, Teile von komprimierten Profilen bzw. Konturen (P_1, P_2, P_3, P_4) in einer ersten Kachel bzw. Elements (**511**) des digitalen Höhenmodells sind.

4. Verfahren gemäß Anspruch 3, das weiterhin

Folgendes aufweist:

Identifizieren der ersten Kachel (**511**), wobei die erste Kachel einen ersten Ort enthält und eine einer Vielzahl von Kacheln in einer Fläche des digitalen Höhenmodells ist; und

Identifizieren eines ersten Profils (P_1), das sich in der Nähe des ersten Ortes befindet, wobei der erste komprimierte Teil ein Teil des ersten Profils ist.

5. Verfahren gemäß Anspruch 4, der Folgendes aufweist:

Identifizieren der Fläche (**501**), wobei die Fläche bzw. der Bereich den ersten Ort enthält und eine einer Vielzahl von Flächen des digitalen Höhenmodells ist.

6. Verfahren gemäß Anspruch 1, wobei die Dekomprimierung des ersten komprimierten Teils Folgendes aufweist:

Lauflängendecodierung (**1605**) des ersten komprimierten Teils um skalierte Höhendaten zu generieren;

inverses Skalieren (**1607**) der skalierten Höhendaten, um normalisierte Höhendaten zu generieren; und

Addieren einer Referenzhöhe zu den normalisierten Höhendaten (**1609**), um erste Höhendaten zu generieren.

7. Ein Verfahren gemäß nach Anspruch 1, welches weiterhin Folgendes aufweist:

Identifizieren (**1602**) einer Vielzahl von Abtastpunkten in der Umgebung eines ersten Ortes;

Abrufen von Höhen (**1603**) der Vielzahl von Abtastpunkten von dem digitalen Höhenmodell und

Berechnen einer Höhe (**1610**) des ersten Ortes von einer Interpolation unter Verwendung der Höhen der Vielzahl von Abtastpunkten.

8. Verfahren gemäß Anspruch 7, das weiterhin Folgendes aufweist:

Ausführen einer Koordinaten-Transformation (**1503**), um eine horizontale Position des ersten Ortes in einem Koordinatensystem, das durch das digitale Höhenmodell verwendet wird, auszudrücken.

9. Verfahren gemäß Anspruch 7, das weiterhin Folgendes aufweist:

Vorsehen der Höhe des ersten Ortes an eine Positionsbestimmungseinheit (**1511**), um eine Höhenunterstützung bzw. Hilfe in einem Positionssystem vorzusehen.

10. Verfahren gemäß Anspruch 9, wobei das Berechnen der Höhe des ersten Ortes Folgendes aufweist:

Ausführen einer Koordinaten-Transformation (**1509**), so dass die Höhe des ersten Ortes in einem Koordinatensystem ausgedrückt wird, das von der Positionsbestimmungseinheit verwendet wird.

11. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der erste komprimierte Teil gemäß einem Verfahren gespeichert wird, das Folgendes aufweist:

Komprimieren von Höhendaten eines ersten Teils eines digitalen Höhenmodells (DEM), um erste komprimierte Höhendaten zu generieren;

Speichern (**1411**) der ersten komprimierten Höhendaten in einem Speicherort, auf den durch einen ersten Index gezeigt wird; und

Speichern (**1411**) des ersten Indexes.

12. Verfahren gemäß Anspruch 11, das weiterhin Folgendes aufweist:

Speichern von Parametern, die benötigt werden, zum Bestimmen, ob ein Ort in dem ersten Teil des digitalen Höhenmodells ist oder nicht.

13. Verfahren gemäß Anspruch 11, das weiterhin Folgendes aufweist:

Speichern von Daten, die ein Koordinatensystem spezifizieren, das verwendet wird, um die Höhendaten des ersten Teils des digitalen Höhenmodells zu repräsentieren.

14. Verfahren gemäß Anspruch 11, wobei die Komprimierung der Höhendaten des ersten Teils Folgendes aufweist:

Subtrahieren einer Referenzhöhe von den Höhendaten (**1403**) des ersten Teils des digitalen Höhenmodells (digital elevation model = DEM), um normalisierte Höhendaten zu generieren;

Skalieren (**1405**) der normalisierten Höhendaten, um skalierte Höhendaten zu generieren.

15. Verfahren gemäß Anspruch 14, wobei die Komprimierung der Höhendaten des ersten Teils weiterhin Folgendes aufweist:

Lauflängen-Codieren (**1407**) der skalierten Höhendaten, um die ersten komprimierten Höhendaten zu generieren.

16. Verfahren gemäß Anspruch 11, wobei der erste Teil ein Profil des digitalen Höhenmodells ist.

17. Verfahren gemäß Anspruch 11, das weiterhin Folgendes aufweist:

Teilen einer Fläche (**501**) des digitalen Höhenmodells in eine Vielzahl von Kacheln (**511, 521, 522, 523, 524**); und

Speichern von Parametern, die für die Bestimmung benötigt werden, ob sich ein Ort in einer der Vielzahl von Kacheln befindet oder nicht; wobei der erste Teil eines einer Vielzahl von Profilen in einer der Vielzahl von Kacheln ist.

18. Verfahren gemäß Anspruch 17, das weiterhin Folgendes aufweist:

Teilen des digitalen Höhenmodells in eine Vielzahl von Flächen; und

Speichern von Parametern, die für das Bestimmen benötigt werden, ob ein Ort sich in einer der Vielzahl von Flächen befindet.

19. Eine maschinenlesbares Medium, das ausführbare Computerprogramm-Instruktionen enthält, die, wenn sie durch ein digitales Verarbeitungssystem ausgeführt werden, das System konfigurieren, um Höhendaten für die Bestimmung der Position einer mobilen Vorrichtung abzurufen bzw. zu erlangen, und zwar gemäß einem Verfahren, das die folgenden Schritte aufweist:

Lokalisieren eines ersten komprimierten Teils eines digitalen Höhenmodells (DEM = digital elevation model) unter Verwendung eines ersten Indexes, wobei das digitale Höhenmodell eine Vielzahl von komprimierten Teilen aufweist, die den ersten komprimierten Teil enthält, wobei der erste Index auf einen Speicherort zeigt, wo der komprimierte Teil gespeichert ist;

Dekomprimieren des ersten komprimierten Teils, um erste Höhendaten für zumindest einen Abtast-Punkt (X_1, X_2, X_3, X_4) in dem digitalen Höhenmodell abzurufen; und

Verwenden der Höhendaten, um eine Höhenunterstützung in einem Positionssystem, das der mobilen Vorrichtung zugeordnet ist, auszuführen.

20. Ein Medium gemäß Anspruch 19, wobei die Vielzahl von komprimierten Teilen in einem der Folgenden gespeichert wird:

- a) ein Memory Mapped File (MMF) bzw. speicherabgebildete Datei;
- b) Schreib-Lese-Speicher (Random Access Memory (RAM)); und
- c) eine Datei in einem Dateisystem in einem digitalen Verarbeitungssystem.

21. Medium gemäß Anspruch 20, wobei die Vielzahl von komprimierten Teilen, Teile von komprimierten Profilen bzw. Konturen in einer ersten Kachel bzw. Elements des digitalen Höhenmodells sind.

22. Medium gemäß Anspruch 21, wobei das Verfahren weiterhin Folgendes aufweist:

Identifizieren der ersten Kachel (511), wobei die erste Kachel einen ersten Ort enthält und eine einer Vielzahl von Kacheln in einer Fläche des digitalen Höhenmodells ist; und

Identifizieren eines ersten Profils (P_1), das sich in der Nähe des ersten Ortes befindet, wobei der erste komprimierte Teil ein Teil des ersten Profils ist.

23. Medium gemäß Anspruch 22, wobei das Verfahren weiterhin folgenden Schritt aufweist:

Identifizieren der Fläche (501), wobei die Fläche bzw. der Bereich den ersten Ort enthält und eine einer Vielzahl von Flächen des digitalen Höhenmodells ist.

24. Medium gemäß Anspruch 19, wobei die De-

komprimierung des ersten komprimierten Teils folgende Schritte aufweist:

Lauflängendecodierung (1605) des ersten komprimierten Teils um skalierte Höhendaten zu generieren;

inverses Skalieren (1607) der skalierten Höhendaten, um normalisierte Höhendaten zu generieren; und

Addieren einer Referenzhöhe zu den normalisierten Höhendaten (1609), um erste Höhendaten zu generieren.

25. Medium gemäß Anspruch 19, wobei das Verfahren weiterhin die folgenden Schritte aufweist: Identifizieren (1602) einer Vielzahl von Abtastpunkten in der Umgebung eines ersten Ortes; Abrufen von Höhen (1603) der Vielzahl von Abtastpunkten von dem digitalen Höhenmodell; und Berechnen einer Höhe (1610) des ersten Ortes von einer Interpolation unter Verwendung der Höhen der Vielzahl von Abtastpunkten.

26. Medium gemäß Anspruch 25, wobei das Verfahren weiterhin die folgenden Schritte aufweist: Ausführen einer Koordinaten-Transformation (1503), um eine horizontale Position des ersten Ortes in einem Koordinatensystem, das durch das digitale Höhenmodell verwendet wird, auszudrücken.

27. Medium gemäß Anspruch 25, wobei das Verfahren weiterhin den folgenden Schritt aufweist: Vorsehen der Höhe des ersten Ortes an eine Positionsbestimmungseinheit (1511), um eine Höhenunterstützung bzw. Hilfe in einem Positionssystem vorzusehen.

28. Medium gemäß Anspruch 27, wobei das Berechnen der Höhe des ersten Ortes den folgenden Schritt aufweist:

Ausführen einer Koordinaten-Transformation (1509), so dass die Höhe des ersten Ortes in einem Koordinatensystem ausgedrückt wird, das von der Positionsbestimmungseinheit verwendet wird.

29. Ein maschinenlesbares Medium gemäß einem der Ansprüche 19 bis 28, das weiterhin ausführbare Computerprogramm-Instruktionen aufweist, die, wenn sie durch ein digitales Verarbeitungssystem ausgeführt werden, das System konfigurieren um den ersten komprimierten Teil gemäß einem Verfahren, das die folgenden Schritte aufweist, zu speichern:

Komprimieren von Höhendaten eines ersten Teils eines digitalen Höhenmodells (DEM), um erste komprimierte Höhendaten zu generieren;

Speichern (1411) der ersten komprimierten Höhendaten in einem Höhenspeicherort, auf den durch einen ersten Index gezeigt wird; und

Speichern (1411) des ersten Indexes.

30. Medium gemäß Anspruch 29, wobei das Verfahren weiterhin den folgenden Schritt aufweist:
Speichern von Parametern, die benötigt werden, zum Bestimmen, ob ein Ort in dem ersten Teil des digitalen Höhenmodells ist oder nicht.

31. Medium gemäß Anspruch 29, wobei das Verfahren weiterhin folgenden Schritt aufweist:
Speichern von Daten, die ein Koordinatensystem spezifizieren, das verwendet wird, um die Höhendaten des ersten Teils des digitalen Höhenmodells zu repräsentieren.

32. Medium gemäß Anspruch 29, wobei die Komprimierung der Höhendaten des ersten Teils folgende Schritte aufweist:
Subtrahieren (**1403**) einer Referenzhöhe von den Höhendaten des ersten Teils des digitalen Höhenmodells (digital elevation model = DEM), um normalisierte Höhendaten zu generieren; und
Skalieren (**1405**) der normalisierten Höhendaten, um skalierte Höhendaten zu generieren.

33. Medium gemäß Anspruch 32, wobei die Komprimierung der Höhendaten des ersten Teils folgenden Schritt aufweist:
Lauflängen-Codieren (**1407**) der skalierten Höhendaten, um die ersten komprimierten Höhendaten zu generieren.

34. Medium gemäß Anspruch 29, wobei der erste Teil ein Profil des digitalen Höhenmodells ist.

35. Medium gemäß Anspruch 29, wobei das Verfahren weiterhin folgende Schritte aufweist:
Teilen einer Fläche (**501**) des digitalen Höhenmodells in eine Vielzahl von Kacheln (**511, 521, 522, 523, 524**); und
Speichern von Parametern, die für die Bestimmung benötigt werden, ob ein Ort sich in der Vielzahl von Kacheln befindet oder nicht;
wobei der erste Teil einer Vielzahl von Profilen in einer der Vielzahl von Kacheln ist.

36. Medium gemäß Anspruch 35, wobei das Verfahren weiterhin folgende Schritte aufweist:
Teilen des digitalen Höhenmodells in eine Vielzahl von Flächen; und
Speichern von Parametern, die für das Bestimmen benötigt werden, ob ein Ort sich in einer der Vielzahl von Flächen befindet.

37. Ein digitales Verarbeitungssystem konfiguriert, um Höhendaten zur Bestimmung der Position einer mobilen Vorrichtung abzurufen, wobei das digitale Verarbeitungssystem Folgendes aufweist:
Mittel zum Lokalisieren eines ersten komprimierten Teils eines digitalen Höhenmodells (DEM = digital elevation model) unter Verwendung eines ersten Indexes, wobei das digitale Höhenmodell eine Vielzahl

von komprimierten Teilen aufweist, die den ersten komprimierten Teil enthält, wobei der erste Index auf einen Speicherort zeigt, wo der erste komprimierte Teil gespeichert ist;
Mittel zum Dekomprimieren des ersten komprimierten Teils, um erste Höhendaten für zumindest einen Abtast-Punkt (X_1, X_2, X_3, X_4) in dem digitalen Höhenmodell abzurufen; und
Mittel zum Verwenden der Höhendaten, um eine Höhenunterstützung in einem Positionssystem, das der mobilen Vorrichtung zugeordnet ist, auszuführen.

38. Digitales Verarbeitungssystem gemäß Anspruch 37, wobei die Vielzahl von komprimierten Teilen in einem der Folgenden gespeichert werden:
a) ein Memory Mapped File (MMF) bzw. speicherabgebildete Datei;
b) Schreib-Lese-Speicher (Random Access Memory (RAM)); und
c) eine Datei in einem Dateisystem in einem digitalen Verarbeitungssystem.

39. Digitales Verarbeitungssystem gemäß Anspruch 38, wobei die Vielzahl von komprimierten Teilen, Teile von komprimierten Profilen bzw. Konturen in einer ersten Kachel bzw. einem Element des digitalen Höhenmodells sind.

40. Digitales Verarbeitungssystem gemäß Anspruch 39, das weiterhin Folgendes aufweist:
Mittel zum Identifizieren der ersten Kachel, wobei die erste Kachel einen ersten Ort enthält und eine einer Vielzahl von Kacheln in einer Fläche des digitalen Höhenmodells ist; und
Mittel zum Identifizieren eines ersten Profils (P_1), das sich in der Nähe des ersten Ortes befindet, wobei der erste komprimierte Teil ein Teil des ersten Profils ist.

41. Digitales Verarbeitungssystem gemäß Anspruch 40, das Folgendes aufweist:
Mittel zum Identifizieren der Fläche (**501**), wobei die Fläche bzw. der Bereich den ersten Ort enthält und eine einer Vielzahl von Flächen des digitalen Höhenmodells ist.

42. Digitales Verarbeitungssystem gemäß Anspruch 37, wobei die Mittel zum Dekomprimieren des ersten komprimierten Teils Folgendes aufweisen:
Mittel zur Lauflängendecodierung (**1605**) des ersten komprimierten Teils um skalierte Höhendaten zu generieren;
Mittel zum inversen Skalieren (**1607**) der skalierten Höhendaten, um normalisierte Höhendaten zu generieren; und
Mittel zum Addieren (**1609**) einer Referenzhöhe zu den normalisierten Höhendaten, um erste Höhendaten zu generieren.

43. Digitales Verarbeitungssystem gemäß Anspruch 37, welches weiterhin Folgendes aufweist:

Mittel zum Identifizieren (**1602**) einer Vielzahl von Abtastpunkten in der Umgebung eines ersten Ortes; Mittel zum Abrufen von Höhen (**1603**) der Vielzahl von Abtastpunkten von dem digitalen Höhenmodell; und
Mittel zum Berechnen einer Höhe (**1610**) des ersten Ortes von einer Interpolation unter Verwendung der Höhen der Vielzahl von Abtastpunkten.

44. Digitales Verarbeitungssystem gemäß Anspruch 43, das weiterhin Folgendes aufweist:
Mittel zum Ausführen einer Koordinaten-Transformation (**1503**), um eine horizontale Position des ersten Ortes in einem Koordinatensystem, das durch das digitale Höhenmodell verwendet wird, auszudrücken.

45. Digitales Verarbeitungssystem gemäß Anspruch 43, das weiterhin Folgendes aufweist:
Mittel zum Vorsehen der Höhe des ersten Ortes (**1511**) an eine Positionsbestimmungseinheit, um eine Höhenunterstützung bzw. Hilfe in einem Positionsyste vorzusehen.

46. Digitales Verarbeitungssystem gemäß Anspruch 45, wobei die Mittel zum Berechnen der Höhe des ersten Ortes Folgendes aufweisen:
Mittel zum Ausführen einer Koordinaten-Transformation (**1509**), so dass die Höhe des ersten Ortes in einem Koordinatensystem ausgedrückt wird, das von der Positionsbestimmungseinheit verwendet wird.

47. Digitales Verarbeitungssystem nach einem der Ansprüche 37 bis 46, das weiterhin Mittel zum Speichern des ersten komprimierten Teils aufweist, wobei die Mittel zum Speichern Folgendes aufweisen:
Mittel zum Komprimieren von Höhendaten eines ersten Teils eines digitalen Höhenmodells (DEM), um erste komprimierte Höhendaten zu generieren;
Mittel zum Speichern (**1411**) der ersten komprimierten Höhendaten in einem Höhenspeicherort, auf den durch einen ersten Index gezeigt wird; und
Mittel zum Speichern (**1411**) des ersten Indexes.

48. Digitales Verarbeitungssystem gemäß Anspruch 47, das weiterhin Folgendes aufweist:
Mittel zum Speichern von Parametern, die benötigt werden, zum Bestimmen, ob ein Ort in dem ersten Teil des digitalen Höhenmodells ist oder nicht.

49. Digitales Verarbeitungssystem gemäß Anspruch 47, das weiterhin Folgendes aufweist:
Mittel zum Speichern von Daten, die ein Koordinatensystem spezifizieren, das verwendet wird, um die Höhendaten des ersten Teils des digitalen Höhenmodells zu repräsentieren.

50. Digitales Verarbeitungssystem gemäß Anspruch 47 wobei die Mittel zur Komprimierung der Höhendaten des ersten Teils Folgendes aufweisen:

Mittel zum Subtrahieren einer Referenzhöhe von den Höhendaten (**1403**) des ersten Teils des digitalen Höhenmodells (digital elevation model = DEM), um normalisierte Höhendaten zu generieren; und
Mittel zum Skalieren (**1405**) der normalisierten Höhendaten, um skalierte Höhendaten zu generieren.

51. Digitales Verarbeitungssystem gemäß Anspruch 50, wobei die Mittel zur Komprimierung der Höhendaten des ersten Teils weiterhin Folgendes aufweisen:
Mittel zum Lauflängen-Codieren (**1407**) der skalierten Höhendaten, um die ersten komprimierten Höhendaten zu generieren.

52. Digitales Verarbeitungssystem gemäß Anspruch 47, wobei der erste Teil ein Profil des digitalen Höhenmodells ist.

53. Digitales Verarbeitungssystem gemäß Anspruch 47, das weiterhin Folgendes aufweist:
Mittel zum Teilen einer Fläche (**501**) des digitalen Höhenmodells in eine Vielzahl von Kacheln (**511, 521, 522, 523, 524**); und
Mittel zum Speichern von Parametern, die für die Bestimmung benötigt werden, ob ein Ort sich in einer der Vielzahl von Kacheln befindet oder nicht; wobei der erste Teil eines einer Vielzahl von Profilen in einer der Vielzahl von Kacheln ist.

54. Digitales Verarbeitungssystem gemäß Anspruch 53, das weiterhin Folgendes aufweist:
Mittel zum Teilen des digitalen Höhenmodells in eine Vielzahl von Flächen; und
Mittel zum Speichern von Parametern, die für das Bestimmen benötigt werden, ob ein Ort sich in einer der Vielzahl von Flächen befindet.

Es folgen 16 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

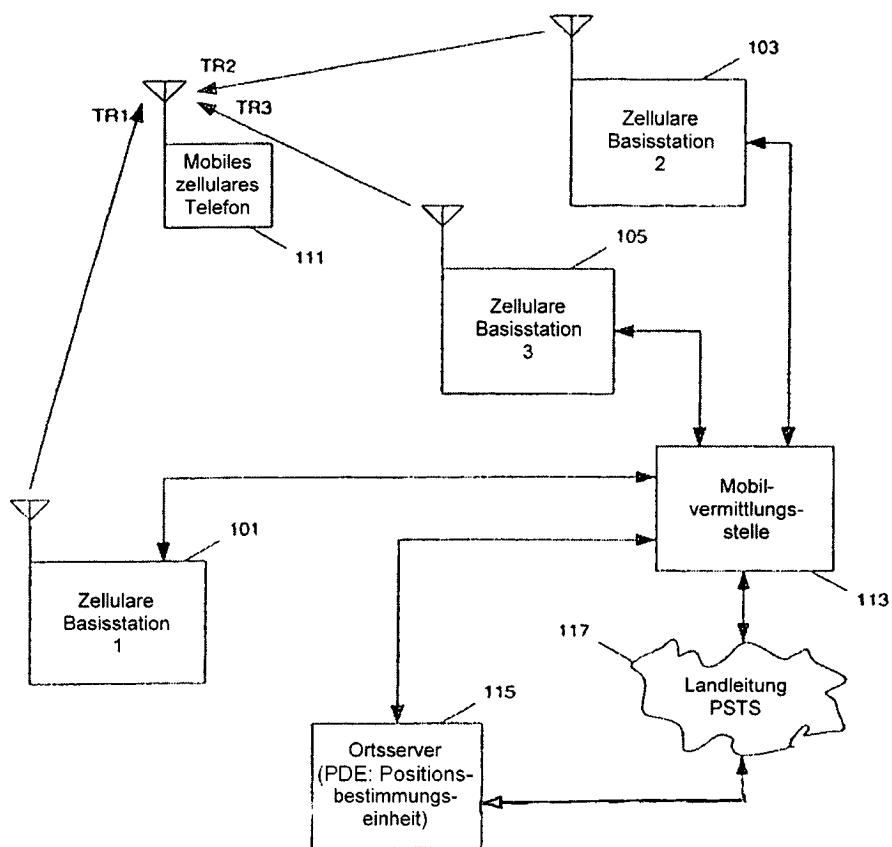


Fig. 1 (Stand der Technik)

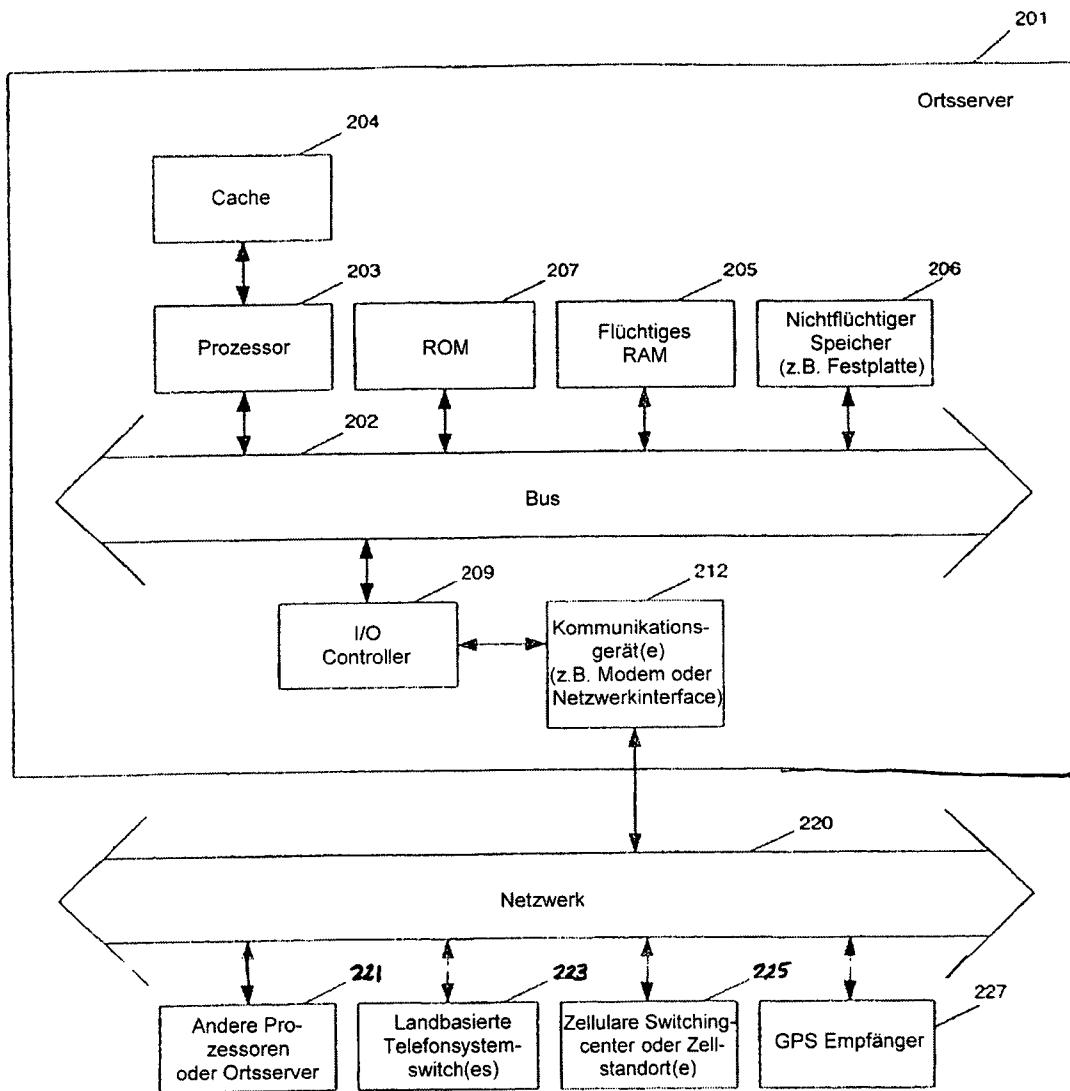


Fig. 2

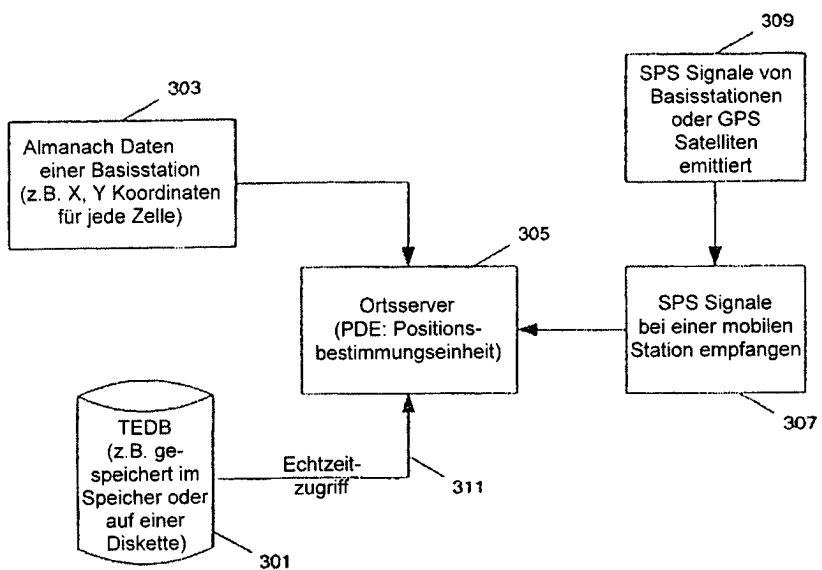


Fig. 3

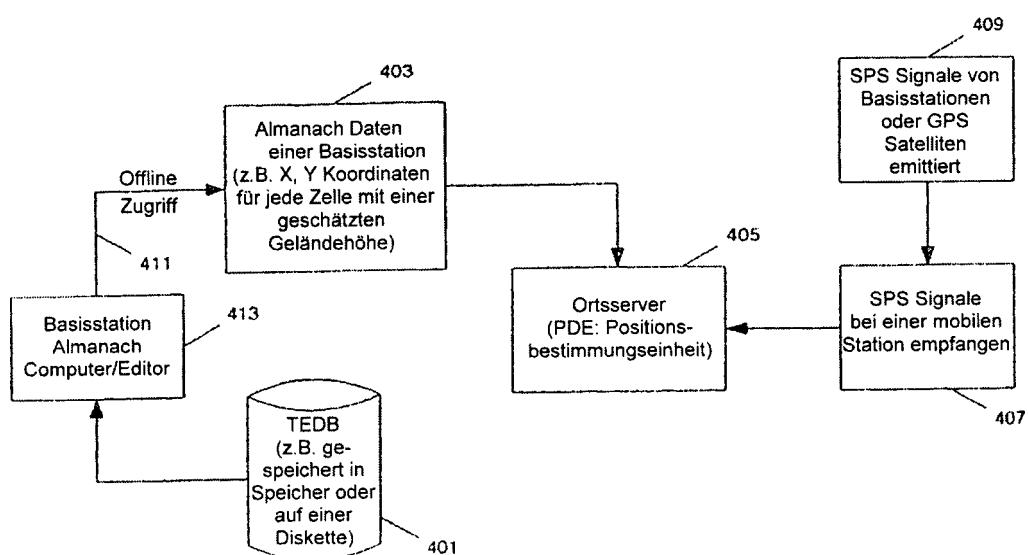


Fig. 4

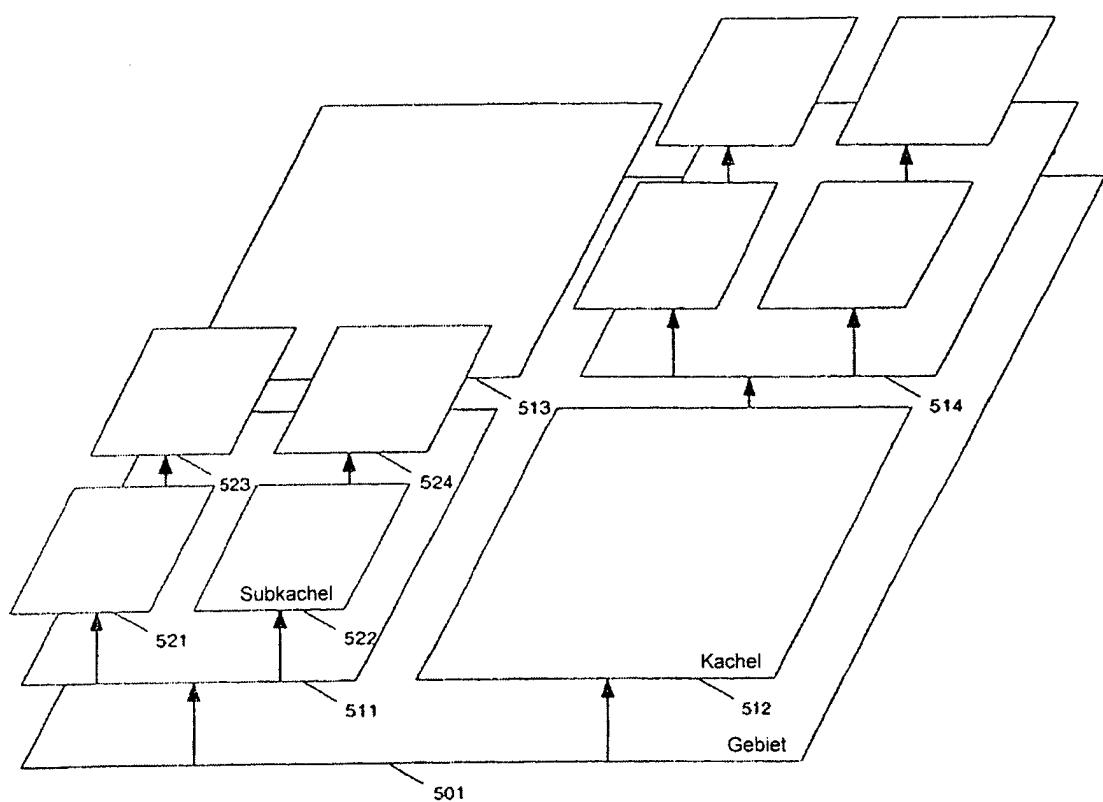


Fig. 5

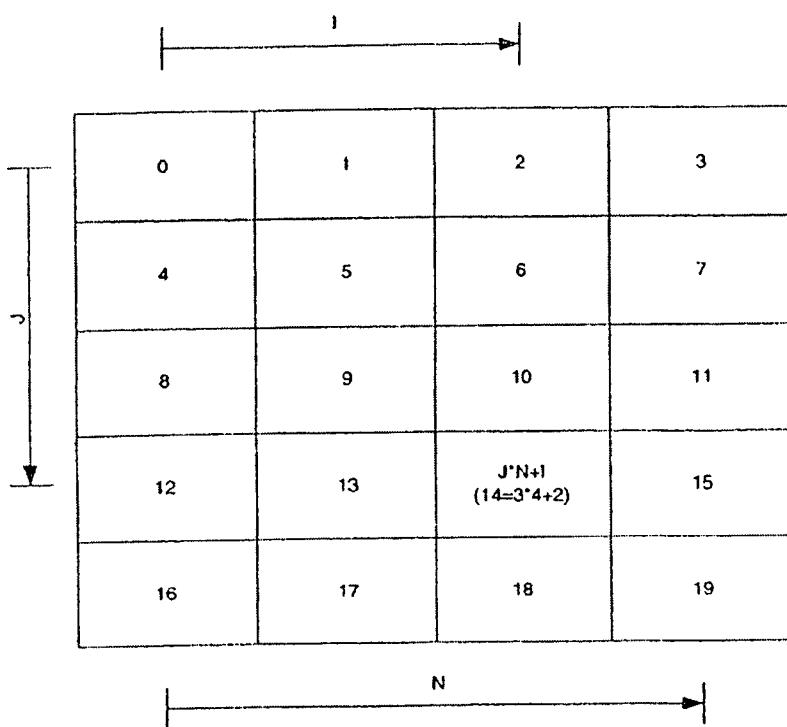


Fig. 6

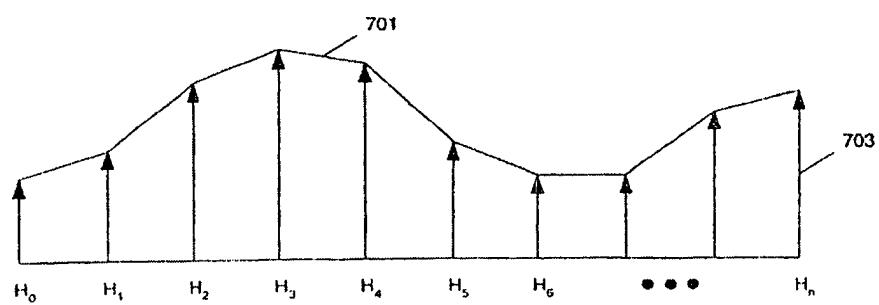


Fig. 7

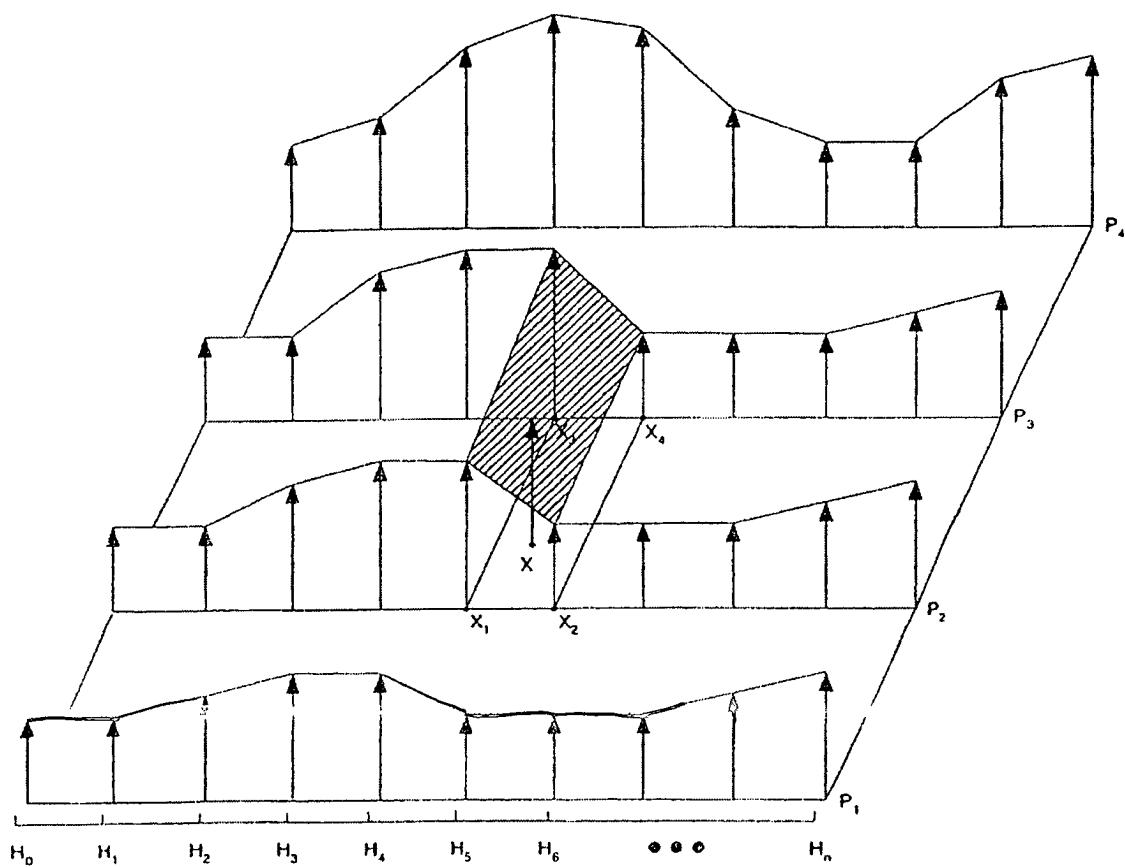


Fig. 8

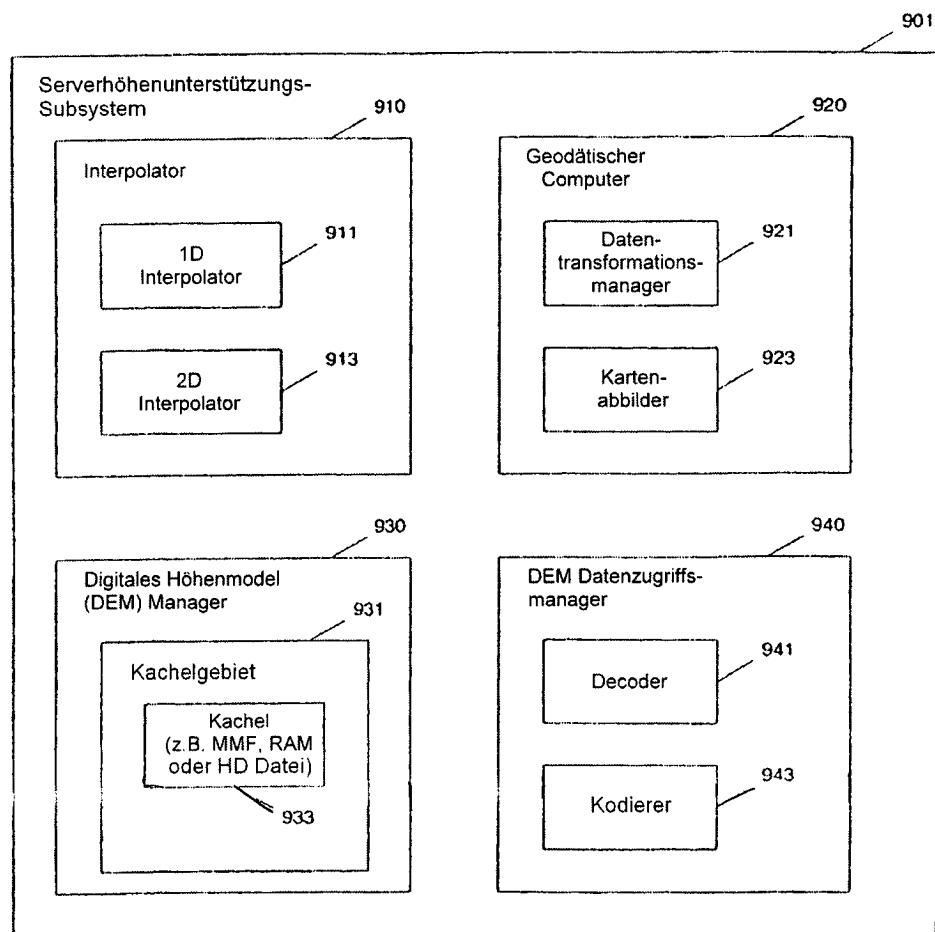


Fig. 9

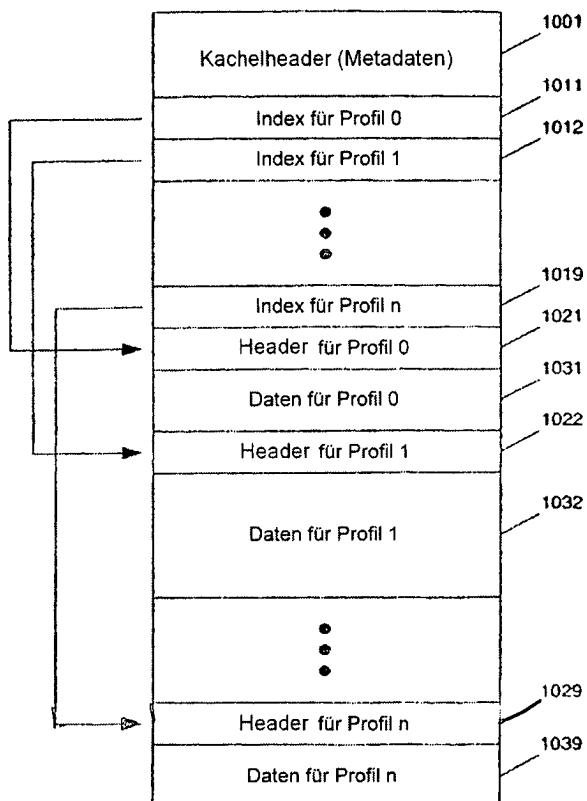


Fig. 10

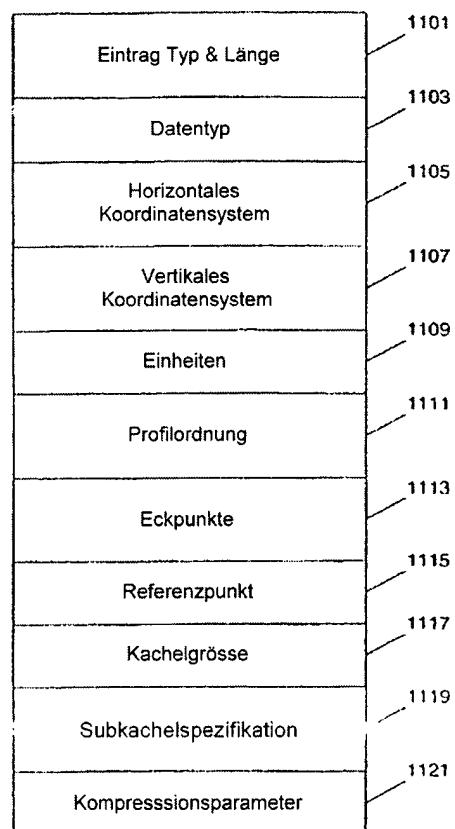


Fig. 11

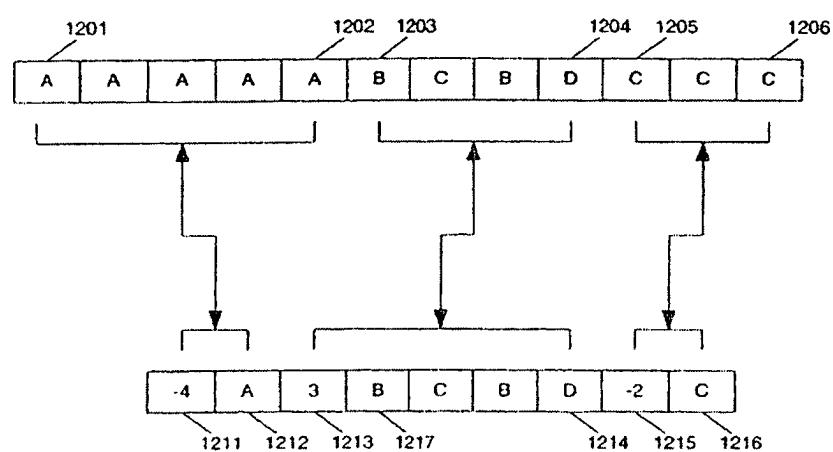


Fig. 12

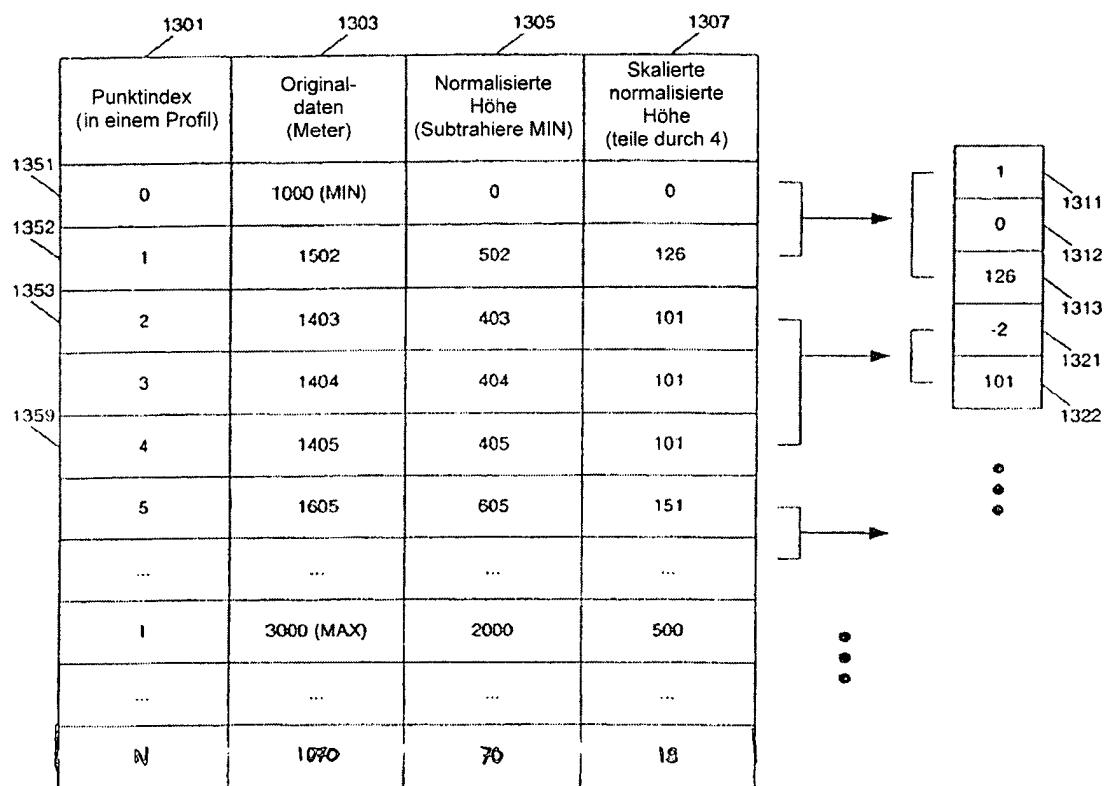


Fig. 13

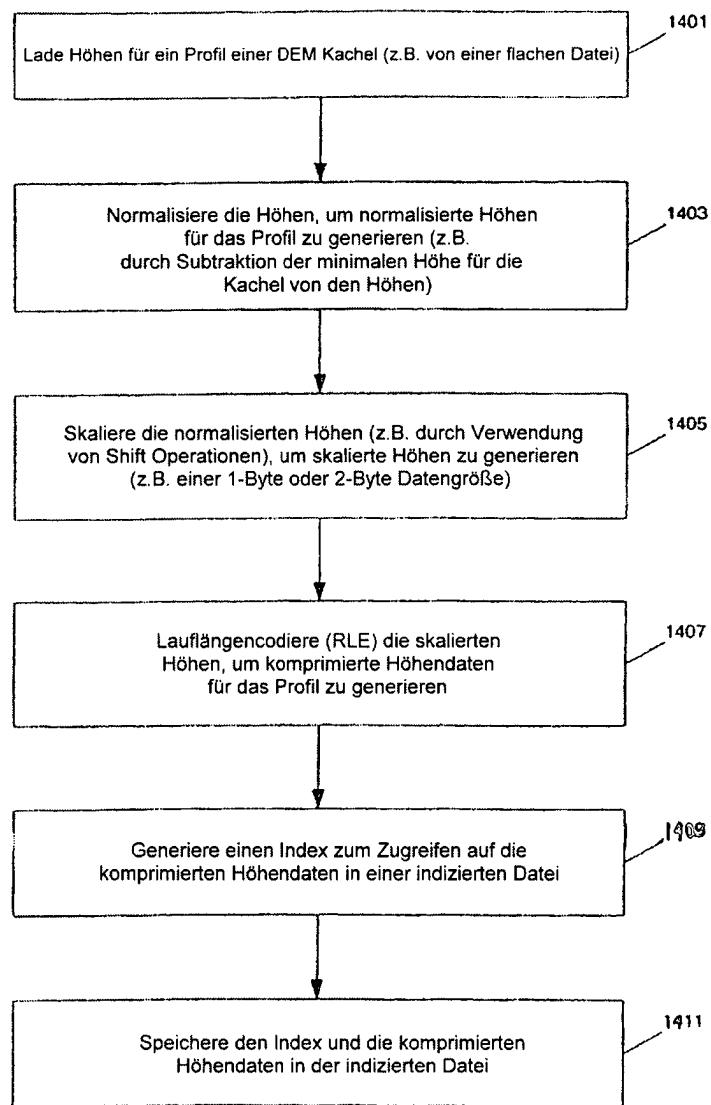


Fig. 14

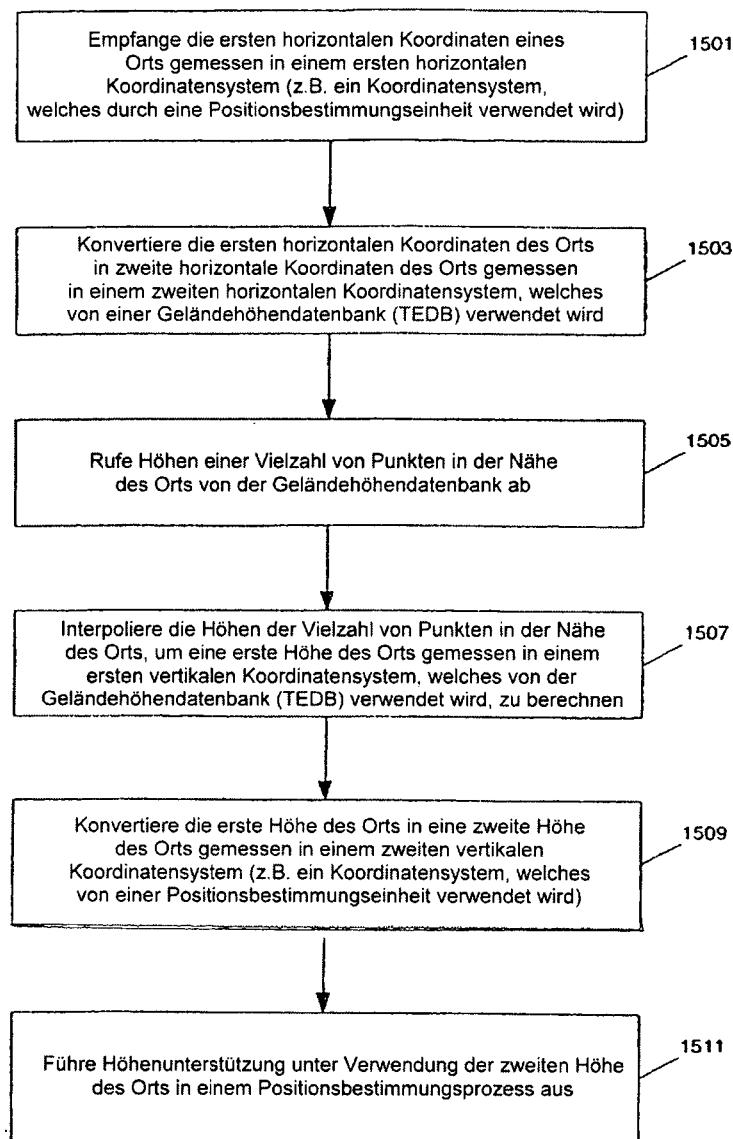


Fig. 15

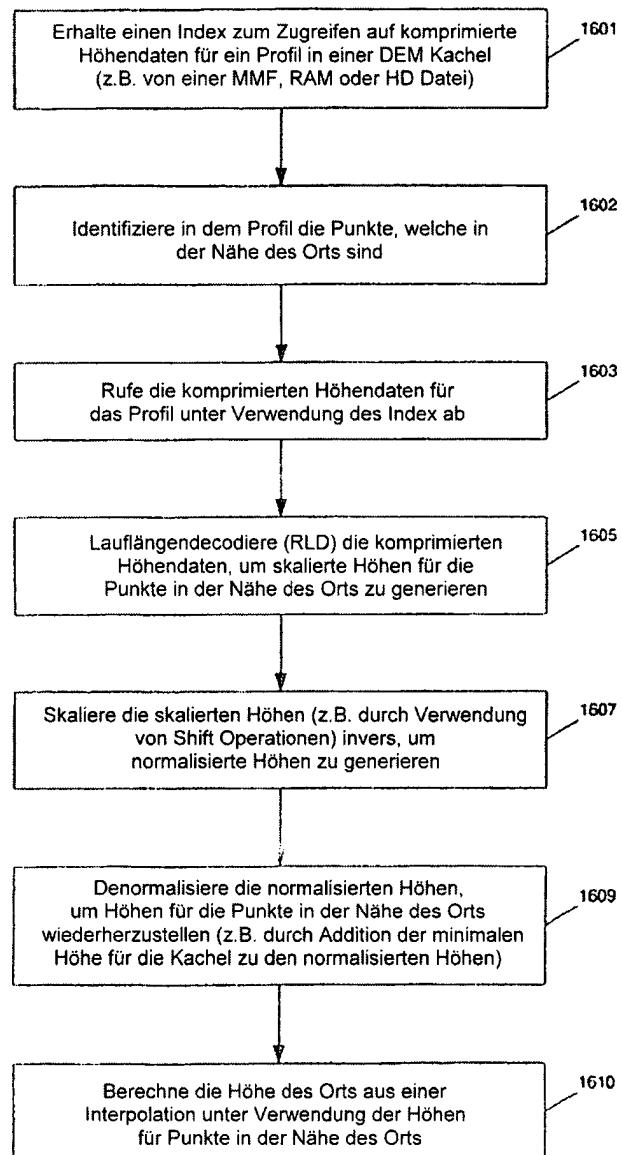


Fig. 16