



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 697 38 213 T2** 2008.07.17

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 0 885 492 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **697 38 213.3**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US97/03512**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **97 908 910.9**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 1997/033382**

(86) PCT-Anmeldetag: **07.03.1997**

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: **12.09.1997**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **23.12.1998**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **17.10.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **17.07.2008**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **H04B 7/185** (2006.01)

**G01S 5/02** (2006.01)

**G01S 5/14** (2006.01)

**G01S 5/00** (2006.01)

**G01S 1/04** (2006.01)

(30) Unionspriorität:

**612582**                      **08.03.1996**                      **US**

**759523**                      **04.12.1996**                      **US**

(73) Patentinhaber:

**Snaptrack, Inc., San Jose, Calif., US**

(74) Vertreter:

**Vossius & Partner, 81675 München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LI, NL, PT, SE**

(72) Erfinder:

**KRASNER, Norman F., San Carlos, CA 94070, US**

(54) Bezeichnung: **VERBESSERTER GPS EMPFÄNGER MIT KOMMUNIKATIONSVERBINDUNG**

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 eingelegt, 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

### 1. Fachgebiet der Erfindung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft Empfänger, die fähig sind, Positionsinformationen von Satelliten zu bestimmen, und betrifft insbesondere derartige Empfänger, die in globalen Satelliten-Positionsbestimmungssystemen (GPS) Anwendung finden.

### 2. Hintergrund des Fachgebiets

**[0002]** GPS-Empfänger bestimmen ihre Position normalerweise durch Berechnen relativer Ankunftszeiten von Signalen, die gleichzeitig von einer Vielzahl von GPS-(oder NAVSTAR-)Satelliten gesendet werden. Diese Satelliten senden als Teil ihrer Nachricht sowohl Satellitenpositionsbestimmungsdaten als auch Daten über die Taktzeitsteuerung, sogenannte „Ephemeriden“-Daten. Das Verfahren zum Suchen nach und Erfassen von GPS-Signalen, Lesen der Ephemeridendaten für eine Vielzahl von Satelliten und Berechnen des Standorts des Empfängers aus diesen Daten ist zeitaufwendig und benötigt oft einige Minuten. In vielen Fällen ist diese langwierige Verarbeitungszeit unannehmbar und beschränkt außerdem die Batterielebensdauer in mikrominiaturisierten tragbaren Anwendungen erheblich.

**[0003]** Eine andere Begrenzung für gegenwärtige GPS-Empfänger ist, daß ihr Betrieb auf Situationen beschränkt ist, in denen mehrere Satelliten ohne Hindernisse gut sichtbar sind, und wobei eine Antenne guter Qualität richtig positioniert ist, um derartige Signale zu empfangen. Als solche sind sie normalerweise nicht in tragbaren, am Körper befestigten Anwendungen, in Bereichen, wo es erheblich Laubwerk oder Gebäudehindernisse gibt, und in Anwendungen innerhalb von Gebäuden anwendbar.

**[0004]** Es gibt zwei Hauptfunktionen von GPS-Empfangssystemen: (1) die Berechnung der Pseudobereiche zu den verschiedenen GPS-Satelliten und (2) die Berechnung der Position der Empfangsplattform unter Verwendung dieser Pseudobereiche und Satellitenzeitsteuerungs- und Ephemeridendaten. Die Pseudobereiche sind einfach die Zeitverzögerungen, die zwischen dem Empfangssignal von jedem Satelliten und einem lokalen Takt gemessen werden. Die Satellitenephemeride und die Zeitsteuerungsdaten werden aus dem GPS-Signal extrahiert, wenn es einmal erfaßt und verfolgt wird. Wie vorstehend dargelegt, braucht das Erfassen dieser Informationen normalerweise eine relativ lange Zeit (30 Sekunden bis einige Minuten) und muß mit einem guten Empfangssignalpegel durchgeführt werden, um niedrige Fehlerraten zu erreichen.

**[0005]** Nahezu alle bekannten GPS-Empfänger verwenden Korrelationsverfahren, um Pseudobereiche

zu berechnen. Diese Korrelationsverfahren werden in Echtzeit, häufig mit Hardware-Korrelatoren durchgeführt. GPS-Signale enthalten sich wiederholende Signale mit hoher Datenrate, die als pseudozufällige (PN) Sequenzen bezeichnet werden. Die für zivile Anwendungen verfügbaren Codes werden als C/A-Codes bezeichnet und haben eine binäre Phasenumkehrrate oder "Chipping"-Rate (Fragmentierungsrate) von 1,023 MHz und eine Wiederholungsperiode von 1023 Chips für eine Codeperiode von 1 ms. Die Codesequenzen gehören zu einer als Goldcodes bekannten Familie. Jeder GPS-Satellit sendet ein Rundrucksignal (Broadcast) mit einem eindeutigen Goldcode.

**[0006]** Für ein Signal, das von einem gegebenen GPS-Satelliten empfangen wird, multipliziert ein Korrelationsempfänger das Empfangssignal, folgend auf ein Abwärtsmischverfahren auf Basisband, mit einer gespeicherten Kopie des passenden Goldcodes, die in seinem lokalen Speicher enthalten ist, und integriert dann das Produkt oder tiefpaßfiltert es, um eine Anzeige für das Vorhandensein des Signals zu erhalten. Dieser Prozeß wird als ein „Korrelations“-Arbeitsgang bezeichnet. Durch aufeinanderfolgendes Einstellen der relativen Zeitsteuerung dieser gespeicherten Kopie relativ zu dem Empfangssignal und Beobachten der Korrelationsausgabe kann der Empfänger die Zeitverzögerung zwischen dem Empfangssignal und einem lokalen Takt bestimmen. Die anfängliche Bestimmung des Vorhandenseins einer derartigen Ausgabe wird als „Erfassung“ bezeichnet. Wenn die Erfassung einmal stattfindet, tritt das Verfahren in die „Verfolgungsphase“ ein, in der die Zeitsteuerung der lokalen Referenz in kleinen Beträgen angepaßt wird, um eine hohe Korrelationsausgabe aufrechtzuerhalten. Die Korrelationsausgabe während der Verfolgungsphase kann als das GPS-Signal gesehen werden, bei dem der pseudozufällige Code entfernt, oder in üblicher Bezeichnungsweise „entspreizt“ ist. Dieses Signal ist schmalbandig, wobei die Bandbreite einem zweiten binären Phasenumtastungsdatensignal mit 50 Bit pro Sekunde entspricht, das der GPS-Wellenform überlagert ist.

**[0007]** Das Korrelationserfassungsverfahren ist, insbesondere wenn Empfangssignale schwach sind, sehr zeitaufwendig. Um die Erfassungszeit zu verbessern, nutzen viele GPS-Empfänger eine Vielzahl an Korrelatoren (typischerweise bis zu 12), was eine parallele Suche nach Korrelationsspitzen erlaubt.

**[0008]** Ein anderer Ansatz zur Verbesserung der Erfassungszeit ist in US-A-4 445 118 beschrieben. Dieser Ansatz verwendet die Übertragung von Doppler-Information von einer Steuerbasisstation an eine abgesetzte GPS-Empfängereinheit, um zu der GPS-Signalerfassung beizutragen. Während dieser Ansatz die Erfassungszeit verbessert, ist die Doppler-Information nur für eine kurze Zeitspanne genau,

da die GPS-Satelliten die Erde mit relativ hohen Geschwindigkeiten umkreisen. Folglich wird eine weitere Übertragung von Doppler-Information notwendig, damit eine abgesetzte Einheit genaue Doppler-Information verwendet.

**[0009]** Ein Ansatz zur Verbesserung der Genauigkeit der Positionsbestimmung durch eine abgesetzte GPS-Empfängereinheit ist ebenfalls in US-A-4 445 118, auf das als das Taylor-Patent Bezug genommen wird, beschrieben. In dem Taylor-Patent wird von einer Basisstation eine stabile Frequenzreferenz an eine abgesetzte GPS-Empfängereinheit übertragen, um eine Fehlerquelle aufgrund eines lokalen Oszillators mit schlechter Qualität an der abgesetzten GPS-Empfängereinheit zu beseitigen. Dieses Verfahren verwendet ein spezielles Frequenzumtastsignal (FSK-Signal), dessen Frequenz sehr nahe an der GPS-Signalfrequenz liegen muß. Wie in **Fig. 4** des Taylor-Patents gezeigt, ist das spezielle FSK-Signal etwa 20 MHz unter dem 1575 MHz-GPS-Signal. Außerdem verwendet der in dem Taylor-Patent beschriebene Ansatz einen allgemeinen Zurückweisungsmechanismus, in dem jeder Fehler in dem lokalen Oszillator (gezeigt als L. O. **52**) des Empfängers sowohl in dem GPS-Kanal als auch dem Referenzkanal erscheint und sich folglich aufhebt. Es gibt keinen Versuch, diesen Fehler zu erfassen oder zu messen. Auf diesen Ansatz wird manchmal als Homodyn-Betrieb Bezug genommen. Während dieser Ansatz einige Vorteile bereitstellt, erfordert er, daß die zwei Kanäle eng abgestimmt, einschließlich in der Frequenz eng abgestimmt werden. Außerdem erfordert dieser Ansatz, daß beide Frequenzen fest bleiben, so daß Frequenzspringverfahren (Frequency Hopping) nicht mit diesem Ansatz vereinbar sind.

#### Zusammenfassung

**[0010]** Ein Aspekt der vorliegenden Erfindung ist es, eine Mobileinheit gemäß Anspruch 5 bereitzustellen, die ferner wesentliche Kennzeichen gemäß den Ansprüchen 6 bis 10 hat.

**[0011]** Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung stellt ein Verfahren gemäß Anspruch 1 zur Verfügung, das ferner wesentliche Kennzeichen gemäß den Ansprüchen 2 bis 4 hat.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen.

**[0012]** Die vorliegende Erfindung wird in den Figuren der beigegeführten Zeichnungen, in denen Bezugszeichen ähnliche Elemente anzeigen, beispielhaft und nicht einschränkend dargestellt, wobei:

**[0013]** **Fig. 1A** ein Blockdiagramm der Hauptbestandteile eines abgesetzten oder mobilen GPS-Empfangssystems ist, das die Verfahren der vorliegenden Erfindung nutzt, und Datenstrecken

zeigt, die zwischen einer Basisstation und der abgesetzten Einheit vorhanden sein können.

**[0014]** **Fig. 1B** ein Blockdiagramm einer alternativen GPS-Mobileinheit ist.

**[0015]** **Fig. 1C** ein Blockdiagramm einer anderen alternativen GPS-Mobileinheit ist.

**[0016]** **Fig. 2A** und **Fig. 2B** zwei Alternativen für die HF- und ZF-Abschnitte eines Empfängers bereitstellen, der eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist.

**[0017]** **Fig. 3** ein Flußdiagramm der Hauptarbeitsgänge (z. B. Softwarearbeitsgänge) zeigt, die von dem programmierbaren DSP-Prozessor gemäß den Verfahren der vorliegenden Erfindung durchgeführt werden.

**[0018]** **Fig. 4A–Fig. 4E** die Signalverarbeitungswellenformen in verschiedenen Verarbeitungsstadien gemäß den Verfahren der vorliegenden Erfindung zeigen.

**[0019]** **Fig. 5A** ein Basisstationssystem in einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

**[0020]** **Fig. 5B** ein Basisstationssystem in einer alternativen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

**[0021]** **Fig. 6A** eine GPS-Mobileinheit zeigt, die gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung eine lokale Oszillatoreinheit hat.

**[0022]** **Fig. 6B** und **Fig. 6C** andere Ausführungsformen von GPS-Mobileinheiten mit einer lokalen Oszillatoreinheit zeigen.

**[0023]** **Fig. 7** ein Flußdiagramm ist, das ein Leistungsverwaltungsverfahren für eine Mobileinheit gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

**[0024]** **Fig. 8** ein Verfahren zum Herleiten der Doppler-Information für Satelliten mit Sichtverbindung aus Satelliten-Almanach-Daten zeigt, die einer Mobileinheit bereitgestellt werden.

#### Detaillierte Beschreibung der Erfindung

**[0025]** Diese Erfindung betrifft Vorrichtungen und Verfahren zur Berechnung der Position eines mobilen oder abgesetzten Objekts in einer Weise, die zu sehr niedriger Verlustleistung in der abgesetzten Hardware und der Fähigkeit führt, mit sehr niedrigen Empfangssignalpegeln zu arbeiten und trotzdem genaue Messungen der Positionsinformation bereitzustellen. Das heißt, der Leistungsverbrauch wird ver-

ringert, während die Empfängerempfindlichkeit und Genauigkeit verbessert werden. Dies wird auch durch den Empfang und die Verwendung eines Kommunikationssignals mit stabiler Frequenz an der abgesetzten Einheit ermöglicht. Dies wird durch die Implementierung der abgesetzten Empfangsfunktionen, wie in [Fig. 1A](#) gezeigt, ebenso wie die Übertragung von Satelliten-Almanach-Information von einer separat angeordneten Basisstation **10** an die abgesetzte GPS-Mobileinheit **20** ermöglicht.

**[0026]** Es sollte bemerkt werden, daß Pseudobereiche verwendet werden können, um die geographische Position der abgesetzten Einheit auf viele verschiedene Arten zu berechnen. Drei Beispiele sind:

1. Verfahren 1: Durch erneutes Senden der Satellitendatennachrichten von der Basisstation **10** an die abgesetzte Einheit **20** kann die abgesetzte Einheit **20** diese Information mit den Pseudobereichsmessungen kombinieren, um ihre Position zu berechnen. Siehe zum Beispiel US-A-5 365 450. Typischerweise führt die abgesetzte Einheit **20** die Berechnung der Position in der abgesetzten Einheit **20** durch.
2. Verfahren 2: Die abgesetzte Einheit **20** kann die Satelliten-Ephemeridendaten aus dem Empfang von GPS-Signalen in der normalen Weise sammeln, die üblicherweise auf dem Fachgebiet praktiziert wird. Diese Daten, die typischerweise für ein oder zwei Stunden gültig sind, können mit Pseudobereichsmessungen kombiniert werden, um typischerweise in der abgesetzten Einheit die Positions Berechnung auszuführen.
3. Verfahren 3: Die abgesetzte Einheit **20** kann über eine Kommunikationsstrecke **16** die Pseudobereiche an die Basisstation **10** übertragen, die diese Information mit den Satelliten-Ephemeridendaten kombinieren kann, um die Positions Berechnung durchzuführen. Siehe zum Beispiel US-A-5 225 842.

**[0027]** In den Ansätzen (oder Verfahren) 1 und 3 wird angenommen, daß die Basisstation **10** und die abgesetzte Einheit **20** eine gemeinsame Sicht auf alle interessierenden Satelliten haben und nahe genug aneinander positioniert sind, um eine zeitliche Mehrdeutigkeit aufzulösen, die mit der Wiederholungsrate der pseudozufälligen GPS-Codes verbunden ist. Dies wird für einen Bereich zwischen der Basisstation **10** und der abgesetzten Einheit **20** von  $1/2$  mal der Lichtgeschwindigkeit mal der PN-Wiederholungsperiode (1 Millisekunde), oder etwa 150 km, erfüllt sein.

**[0028]** Um die gegenwärtige Erfindung zu erklären, wird angenommen, daß das Verfahren 3 verwendet wird, um die Positions Berechnung durchzuführen. Nach der Durchsicht dieser Beschreibung werden Fachleute der Technik jedoch zu schätzen wissen, daß die verschiedenen Aspekte und Ausführungsfor-

men der vorliegenden Erfindung mit jedem der vorstehenden drei Verfahren ebenso wie mit anderen Ansätzen verwendet werden könnten. Zum Beispiel können in einer Abänderung des Verfahrens 1 Satellitendateninformationen, wie etwa Daten, die die Satelliten-Ephemeride darstellen, von einer Basisstation an eine abgesetzte Einheit übertragen werden, und diese Satellitendateninformation können mit Pseudobereichen kombiniert werden, die gemäß der vorliegenden Erfindung aus gepufferten GPS-Signalen berechnet werden, um eine Breiten- und Längenposition (und in vielen Fällen auch eine Höhenposition) für die abgesetzte Einheit bereitzustellen. Es wird zu schätzen gewußt, daß die von der abgesetzten Einheit empfangene Positionsinformation auf die Breiten- und Längenposition beschränkt sein kann oder eine weitergehende Information sein kann, die die Breiten- und Längenposition, die Höhenposition, die Geschwindigkeit und die Stellung der abgesetzten Einheit umfaßt. Außerdem können die lokale Oszillatorkorrektur und/oder die Leistungsverwaltungsaspekte der vorliegenden Erfindung in dieser Variation des Verfahrens 1 verwendet werden. Außerdem kann Satelliten-Almanach-Information an die abgesetzte Einheit **20** übertragen werden und von der abgesetzten Einheit **20** gemäß den Aspekten der vorliegenden Erfindung genutzt werden.

**[0029]** Bei dem Verfahren 3 befiehlt die Basisstation **10** der abgesetzten Einheit **20** mittels einer Nachricht, die über eine Datenkommunikationsstrecke **16**, wie in [Fig. 1A](#) gezeigt, gesendet wird, eine Messung durchzuführen. Die Nachricht von der Basisstation **10**, die die abgesetzten Einheit **20** befiehlt, kann typischerweise auch eine Kennung der bestimmten Satelliten mit Sichtverbindung oder andere Initialisierungsdaten angeben. Die Basisstation **10** kann in dieser Nachricht auch Satelliten-Almanach-Information senden (oder vorher gesendet haben), was eine Form der Satellitendateninformation ist. Diese Satelliten-Almanach-Information umfaßt typischerweise eine Beschreibung der ungefähren Position gegen die Zeit aller Satelliten in der GPS-Konstellation. US-A-4 445 118 beschreibt einige der Daten, die in Satelliten-Almanach-Daten enthalten sein können. Diese Nachricht wird von einem getrennten Modem **22** empfangen, das ein Teil der abgesetzten Einheit **20** ist, und wird in einem mit einem Niederleistungsmikroprozessor **26** verbundenen Speicher **30** gespeichert. Die Satelliten-Almanach-Information kann dann verwendet werden, um Doppler-Information für Satelliten mit Sichtverbindung herzuleiten; diese Herleitung wird nachstehend weiter beschrieben. Die Almanach-Daten können für Zeitspannen von bis zu einem Monat gültig sein. Der Mikroprozessor **26** wickelt den Dateninformationstransfer zwischen den Verarbeitungselementen **32-48** der abgesetzten Einheit und dem Modem **22** ab und steuert, wie in der nachfolgenden Diskussion offensichtlich, die Leistungsverwaltungsfunktionen innerhalb des abgesetzten

Empfängers **20**. Normalerweise stellt der Mikroprozessor **26** die Hardware der meisten der aller abgesetzten Einheiten **20** auf einen niedrigen Leistungszustand oder abgeschalteten Zustand ein, außer, wenn die Pseudobereich- und/oder GPS-Berechnungen durchgeführt werden oder wenn eine alternative Leistungsquelle verfügbar ist. Der Empfängerabschnitt des Modems wird jedoch zumindest regelmäßig eingeschaltet (auf ganze Leistung), um zu bestimmen, ob die Basisstation **10** einen Befehl an die abgesetzte Einheit gesendet hat, um die Position der abgesetzten Einheit zu bestimmen.

**[0030]** Die Verwendung dieser Satelliten-Almanach-Information zur Herleitung von Doppler-Information für Satelliten mit Sichtverbindung zu der abgesetzten Einheit beseitigt die Anforderung, daß die abgesetzte Einheit **20** nach derartiger Doppler-Information sucht, wodurch ihre Verarbeitungszeit um einen Faktor von mehr als 10 verringert wird. Die Verwendung der Doppler-Information ermöglicht auch, daß die GPS-Mobileinheit **20** eine Probe von GPS-Signalen schneller verarbeitet und dies trägt dazu bei, den Zeitbetrag, für den der Prozessor **32** die volle Leistung empfangen muß, um eine Positionsinformation zu berechnen, zu verringern. Dies allein verringert die von der abgesetzten Einheit verbrauchte Leistung **20** und trägt zu einer verbesserten Empfindlichkeit bei. Zusätzliche Information, einschließlich der Zeiträume der Daten in der GPS-Nachricht, kann auch an die abgesetzte Einheit **20** gesendet werden.

**[0031]** Das Empfangsdatenstreckensignal kann eine Präzisionsträgerfrequenz nutzen. Der abgesetzte Empfänger **20** kann, wie in **Fig. 6** gezeigt, die nachstehend beschrieben ist, eine automatische Frequenzabstimmungsschleife (AGC-Schleife) verwenden, um sich auf diesen Träger zu synchronisieren und dadurch seinen eigenen Referenzoszillator weiter zu eichen (z. B. durch Korrigieren der Ausgangsfrequenz des GPS-L. O. der verwendet wird, um GPS-Signale zu erfassen). Eine Nachrichtenübertragungszeit von 10 ms mit einem Empfangssignal-Rauschverhältnis von 20 dB erlaubt normalerweise die Frequenzmessung über eine AFC mit einer Genauigkeit von 10 Hz oder besser. Dies ist typischerweise geeigneter für die Anforderungen der vorliegenden Erfindung. Dieses Merkmal verbessert auch die Genauigkeit der Positionsberechnungen, die entweder herkömmlich oder unter Verwendung der schnellen Faltungsverfahren der vorliegenden Erfindung durchgeführt werden. Dieses Merkmal wird nachstehend detaillierter beschrieben.

**[0032]** In einer Ausführungsform der Erfindung ist die Kommunikationsstrecke **16** ein im Handel erhältliches Schmalband-Funkfrequenz-Kommunikationsmedium, wie etwa ein Zweiwege-Funkrufsystem. Dieses System kann in Ausführungsformen verwendet werden, in denen die Menge an übertragenen Da-

ten zwischen der abgesetzten Einheit **20** und der Basisstation **10** relativ klein ist. Satelliten-Almanach-Daten können komprimiert werden, so daß die Menge an notwendigen Daten, um die ungefähre Position aller Satelliten in der GPS-Konstellation zu beschreiben, effizient in einem Kommunikationssystem mit schmaler Bandbreite übertragen werden kann. Die Systeme, die die Übertragung großer Mengen an Daten über einen kurzen Zeitraum erfordern, können ein Kommunikationsmedium mit höherer Funkfrequenzbandbreite erfordern. Diese Systeme mit höherer Bandbreite können in den Ausführungsformen benötigt werden, in denen unkomprimierte Satelliten-Almanach-Daten übertragen werden.

**[0033]** Es wird zu schätzen gewußt, daß es trotzdem effizient sein kann, ein schmalbandiges System zu verwenden, selbst die unkomprimierte Satelliten-Almanach-Information übertragen wird, weil die Almanach-Information für lange Zeitspannen (z. B. typischerweise einen Monat) eine gute Genauigkeit hat. Folglich kann diese Information einmal pro Monat übertragen und dann in der GPS-Mobileinheit (z. B. einem Flash-EEPROM-Speicher) gespeichert werden und für den ganzen Monat verwendet werden; typischerweise wird diese Information in diesem Fall mit einem Zeitstempel gespeichert, der das Empfangsdatum der Satelliten-Almanach-Daten anzeigt. Die abgesetzte Einheit kann dann, wenn sie einen Befehl empfängt, ihre Positionsinformation bereitzustellen, bestimmen, ob die Satelliten-Almanach-Daten veraltet sind und die Übertragung von Almanach-Daten, die von der Basisstation bereitgestellt wird, empfangen oder nicht empfangen. Wenn die Daten nicht veraltet sind (z. B. die Almanach-Daten, wie durch ihren Zeitstempel angezeigt, weniger als einen Monat oder eine andere vorbestimmte Zeitspanne alt sind), dann können die Daten aus dem Speicher verwendet werden, und der Empfang „frischer“ Satelliten-Almanach-Daten ist nicht notwendig, und die automatische Übertragung derartiger Daten wird ignoriert. Alternativ kann die Basisstation bestimmen, ob sie Satelliten-Almanach-Daten übertragen soll, indem sie eine Liste abgesetzter Einheiten, denen Satelliten-Almanach-Daten gesendet wurden, und einen Zeitstempel pflegt, der die letzte Übertragung von Satelliten-Almanach-Daten für jede derartige abgesetzte Einheit anzeigt. Die Basisstation kann dann basierend auf der Veraltung der letzten Satelliten-Almanach-Daten, die in der bestimmten abgesetzten Einheit gespeichert sind, bestimmen, ob sie Satelliten-Almanach-Daten mit einem Positionsbestimmungsbefehl senden soll. Wenn die Almanach-Daten an der bestimmten abgesetzten Einheit nicht veraltet sind (d. h. weniger als einen Monat alt sind), dann wird der Positionsbestimmungsbefehl ohne die Almanach-Daten von der Basisstation an die abgesetzte Einheit übertragen. Wenn die Almanach-Daten veraltet sind, dann werden die aktuellen Satelliten-Almanach-Daten an die abgesetzte Einheit

übertragen.

**[0034]** Wenn die abgesetzte Einheit **20** einmal (z. B. von der Basisstation **10**) einen Befehl für die GPS-Verarbeitung zusammen mit der Satelliten-Almanach-Information empfängt (oder bestimmt, daß sie eine lokal gespeicherte Version von Satelliten-Almanach-Daten verwendet kann), aktiviert der Mikroprozessor **26** den HF-ZF-Umsetzer **42**, den Analog-Digital-Wandler **44** und den digitalen Zwischensicherungsspeicher **46** über eine Batterie und einen Leistungsregler und die Leistungsschalterschaltung **36** (und die gesteuerten Stromleitungen **21a**, **21b**, **21c** und **21d**), wodurch diesen Bestandteilen die volle Leistung bereitgestellt wird. Dies bewirkt, daß das Signal von dem GPS-Satelliten, das über die Antenne **40** empfangen wird, auf eine ZF-Frequenz abwärts gemischt wird, wo sie anschließend eine Digitalisierung erfährt. Ein Satz derartiger Daten, der typischerweise einer Dauer von 100 Millisekunden bis 1 Sekunde (oder sogar länger) entspricht, wird dann in einem Zwischensicherungsspeicher **46** gespeichert. Die Menge an gespeicherten Daten kann von dem Mikroprozessor **26** derart gesteuert werden, daß in dem Speicher **46** (um eine bessere Empfindlichkeit zu erhalten) in solchen Situationen, wenn das Energiesparen nicht so wichtig ist wie das Erhalten einer besseren Empfindlichkeit, mehr Daten gespeichert werden, und in solchen Situationen, in denen das Energiesparen wichtiger als die Empfindlichkeit ist, weniger Daten gespeichert werden können. Typischerweise ist die Empfindlichkeit wichtiger, wenn die GPS-Signale teilweise behindert werden, und das Energiesparen ist weniger wichtig, wenn eine reichliche Leistungsversorgung (z. B. eine Autobatterie) verfügbar ist. Die Adressierung dieses Speichers **46** zum Speichern dieser Daten wird von einer integrierten Schaltung einer frei programmierbaren logischen Anordnung **48** gesteuert. Das Abwärtsmischen des GPS-Signals wird unter Verwendung eines Frequenzsynthesizers **38** durchgeführt, der, wie nachstehend weiter diskutiert, ein lokales Oszillatorsignal **39** an den Umsetzer **42** bereitstellt.

**[0035]** Beachten Sie, daß der DSP-Mikroprozessor **32** (während der Zwischensicherungsspeicher **46** mit den digitalisierten GPS-Signalen von den Satelliten mit Sichtverbindung gefüllt wird) die ganze Zeit in einem niedrigen Leistungszustand gehalten werden kann. Der HF-ZF-Umsetzer **42** und der Analog-Digital-Wandler **44** werden typischerweise nur für eine kurze Zeitspanne eingeschaltet, die ausreicht, um die für die Pseudobereichsberechnung erforderlichen Daten zu sammeln und zu speichern. Nachdem die Datensammlung abgeschlossen ist, werden diese Wandler-schaltungen über die gesteuerten Stromleitungen **21b** und **21c** ausgeschaltet, oder die Leistung wird anders verringert (während der Speicher **46** weiterhin die volle Leistung empfängt), wobei sie auf diese Weise nicht zu der zusätzlichen Verlustleistung

während der tatsächlichen Pseudobereichsberechnung beitragen. Die Pseudobereichsberechnung wird dann in einer Ausführungsform unter Verwendung einer universellen programmierbaren Signalverarbeitungs-IC **32** (DSP) durchgeführt, wie durch eine integrierte Schaltung TMS320C30 von Texas Instruments beispielhaft gezeigt. Dieser DSP **32** wird vor der Durchführung derartiger Berechnungen von dem Mikroprozessor **26** und der Schaltung **36** über die gesteuerte Stromleitung **21e** in einen aktiven Leistungszustand versetzt.

**[0036]** Der DSP **32** unterscheidet sich von anderen in einigen abgesetzten GPS-Einheiten verwendeten darin, daß er im Vergleich zu spezialisierten kundenspezifischen digitalen Signalverarbeitungs-ICs universell und programmierbar ist. Außerdem macht der DSP **32** die Verwendung eines schnellen Fouriertransformationsalgorithmus (FFT) möglich, der die sehr schnelle Berechnung der Pseudobereiche ermöglicht, indem er schnell eine große Anzahl von Korrelationsoperationen zwischen einer lokal erzeugten Referenz und den Empfangssignalen durchführt. Typischerweise sind 2046 derartige Korrelationen erforderlich, um die Suche nach den Zeiträumen jedes empfangenen GPS-Signals abzuschließen. Der schnelle Fouriertransformationsalgorithmus erlaubt ein gleichzeitiges und paralleles Absuchen aller derartiger Positionen, wodurch das erforderliche Berechnungsverfahren um einen Faktor von 10 bis 100 gegenüber herkömmlichen Ansätzen beschleunigt wird.

**[0037]** Wenn der DSP **32** seine Berechnung von Pseudobereichen für jeden der Satelliten mit Sichtverbindung einmal abschließt, überträgt er diese Information in einer Ausführungsform der Erfindung über den Verbindungsbus **33** an den Mikroprozessor **26**. Zu dieser Zeit kann der Mikroprozessor **26** durch Senden eines passenden Steuersignals an die Batterie und die Leistungsreglerschaltung **36** bewirken, daß der DSP **32** und der Speicher **46** wieder in einen Niederleistungszustand eintreten. Dann verwendet der Mikroprozessor **26** ein Modem **22**, um die Pseudobereichsdaten über eine Datenstrecke **16** an die Basisstation **10** zur abschließenden Positionsberechnung zu übertragen. Neben den Pseudobereichsdaten kann gleichzeitig eine Zeitmarke an die Basisstation **10** übertragen werden, welche die vergangene Zeit seit der anfänglichen Datenerfassung in dem Puffer **46** bis zu der Sendezeit der Daten über die Datenstrecke **16** anzeigt. Diese Zeitmarke verbessert die Fähigkeit der Basisstation, die Positionsberechnung zu berechnen, da sie die Berechnung der GPS-Satellitenpositionen zur Zeit der Datenerfassung erlaubt. Als eine Alternative kann der DSP **32** gemäß dem vorstehenden Verfahren 1 die Position (z. B. Breitenposition, Längen- oder Breitenposition, Längen- und Höhenposition) der abgesetzten Einheit berechnen und diese Daten an den Mikroprozessor

**26** senden, der diese Daten ähnlich über das Modem **22** an die Basisstation **10** weiterleitet. In diesem Fall wird die Positionsberechnung erleichtert, indem der DSP die vergangene Zeit seit dem Empfang von Satellitendaten nachrichten bis zu der Zeit, zu der die Pufferdatenerfassung beginnt, pflegt. Dies verbessert die Fähigkeit der abgesetzten Einheit, die Positionsberechnung zu berechnen, da es die Berechnung der GPS-Satellitenpositionen zu der Zeit der Datenerfassung ermöglicht.

**[0038]** Wie in [Fig. 1A](#) gezeigt, verwendet das Modem **22** in einer Ausführungsform eine separate Antenne **24**, um Nachrichten über die Datenstrecke **16** zu senden und zu empfangen. Es wird geschätzt, daß das Modem **22** einen Kommunikationsempfänger und einen Kommunikationssender umfaßt, die alternativ mit der Antenne **24** verbunden werden. Ebenso kann die Basisstation **10** eine separate Antenne **14** verwenden, um Datenstreckennachrichten zu senden und zu empfangen, wodurch der ununterbrochene Empfang von GPS-Signalen über die GPS-Antenne **12** an der Basisstation **10** ermöglicht wird.

**[0039]** Es wird in einem typischen Beispiel erwartet, daß die Positionsberechnungen in dem DSP **32** abhängig von der in dem digitalen Zwischenspeicherspeicher gespeicherten Datenmenge und der Geschwindigkeit des DSP oder mehrerer DSPs weniger als ein paar Sekunden Zeit benötigen.

**[0040]** Es sollte aus der vorstehenden Diskussion klar sein, daß die abgesetzte Einheit **20** ihre Schaltungen mit hohem Leistungsverbrauch nur für einen kleinen Bruchteil der Zeit zu aktivieren braucht, wenn die Positionsberechnungsbefehle von der Basisstation **10** selten sind. Es wird erwartet, daß derartige Befehle zumindest in vielen Situationen dazu führen werden, daß die abgesetzten Einrichtungen nur etwa 1% der Zeit oder weniger in ihrem Zustand mit hoher Verlustleistung aktiviert sind.

**[0041]** Dies ermöglicht dann einen 100 mal so lang dauernden Batteriebetrieb wie andernfalls möglich wäre. Die Programmbefehle, die für die Ausführung des Leistungsverwaltungsarbeitsgangs notwendig sind, werden in den EEPROM **28** oder ein anderes passendes Speichermedium gespeichert. Diese Leistungsverwaltungsstrategie kann auf Situationen mit verschiedener Leistungsverfügbarkeit anpaßbar sein. Wenn zum Beispiel Hauptstrom verfügbar ist, kann die Positionsbestimmung auf einer stetigen Basis stattfinden.

**[0042]** Wie vorstehend angezeigt, fängt der digitale Zwischenspeicherspeicher **46** einen Datensatz ein, der einer relativ langen Zeitspanne entspricht. Die effiziente Verarbeitung dieses großen Datenblocks unter Verwendung schneller Faltungsverfahren

trägt zu der Fähigkeit der vorliegenden Erfindung bei, Signale mit niedrigen Empfangspegeln zu verarbeiten (z. B. wenn der Empfang aufgrund einer teilweisen Blockierung durch Gebäude, Bäume, etc. schlecht ist). Alle Pseudobereiche für sichtbare GPS-Satelliten werden unter Verwendung dieser gleichen gepufferten Daten berechnet. Dies stellt eine verbesserte Leistung relativ zu der ununterbrochenen Verfolgung von GPS-Empfängern in Situationen (wie etwa bei städtischen Blockierungsbedingungen) bereit, in denen die Signalamplitude sich schnell ändert.

**[0043]** Eine in [Fig. 1B](#) dargestellte ein wenig andere Implementierung verzichtet auf den Mikroprozessor **26** und seine Peripherie (RAM **30** und EEPROM **28**) und ersetzt seine Funktionalität mit zusätzlichen Schaltungsanordnungen, die in einer komplexeren FPGA (frei programmierbare logische Anordnung) **49** enthalten sind. Der Aufbau und der Betrieb der in [Fig. 1B](#) gezeigten abgesetzten Einheit sind in US-A-5 663 734 detaillierter beschrieben. Die abgesetzte Einheit von [Fig. 1B](#) verwendet den DSP **32a**, um verschiedene Bestandteile gemäß einem Leistungsverwaltungsverfahren, wie etwa dem in [Fig. 7](#) gezeigten, selektiv einzuschalten oder ihre Leistung zu verringern.

**[0044]** [Fig. 1C](#) zeigt eine andere Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung einer GPS-Mobileinheit, die viele der gleichen Bestandteile wie die in [Fig. 1A](#) und [Fig. 1B](#) gezeigten GPS-Mobileinheiten enthält.

**[0045]** [Fig. 1C](#) zeigt ein Merkmal der vorliegenden Erfindung, das ermöglicht, daß die GPS-Mobileinheit einen Kompromiß zwischen Empfindlichkeit und Energiesparen findet. Wie hier beschrieben, kann die Empfindlichkeit der GPS-Mobileinheit erhöht werden, indem die Menge gepufferter GPS-Signale, die in dem Speicher **46** gepuffert werden, vergrößert wird. Dies wird erledigt, indem mehr GPS-Signale erfaßt und digitalisiert und diese in dem Speicher **46** gespeichert werden. Während dieses erhöhte Puffern mehr Leistungsverbrauch bewirkt, erhöht es die Empfindlichkeit der GPS-Mobileinheit. Der Aufbau und der Betrieb der in [Fig. 1C](#) gezeigten abgesetzten Einheit wird in dem vorstehend erwähnten US-A-5 663 734 detaillierter beschrieben.

**[0046]** Typische Beispiele für ein HF-ZF-Frequenzumsetzer- und Digitalisierungssystem für die mobile GPS-Einheit sind in [Fig. 2A](#) und [Fig. 2B](#) gezeigt. Der Aufbau und der Betrieb dieser in [Fig. 2A](#) und [Fig. 2B](#) gezeigten Beispiele sind in US-A-5 663 734 detaillierter beschrieben.

**[0047]** Details der in dem DSP **32** durchgeführten GPS-Signalverarbeitung können mit der Hilfe des Flußdiagramms von [Fig. 3](#) und der Illustration von

[Fig. 4A](#), [Fig. 4B](#), [Fig. 4C](#), [Fig. 4D](#) und [Fig. 4E](#) verstanden werden. Es wird für Fachleute der Technik offensichtlich, daß die Maschinensprache oder ein anderer geeigneter Code zum Durchführen der Signalverarbeitung, die beschrieben werden soll, in dem EPROM **34** gespeichert wird. Andere nichtflüchtige Speichervorrichtungen könnten ebenfalls verwendet werden. Das Folgende setzt voraus, daß die IQ-Abtastung von [Fig. 2A](#) verwendet wird und daß der Zwischensicherungsspeicher **46** zwei Kanäle mit digitalisierten Daten bei 2,048 MHz enthält. Die Aufgabe der Verarbeitung ist es, die Zeitsteuerung der empfangenen Wellenform in Bezug auf die lokal erzeugte Wellenform zu bestimmen. Um außerdem eine hohe Empfindlichkeit zu erzielen, wird typischerweise ein sehr langer Abschnitt einer derartigen Wellenform, typischerweise 100 Millisekunden bis 1 Sekunde, verarbeitet. Es wird auch zu schätzen gewußt, daß die in dieser Signalverarbeitung verwendete Doppler-Information die Doppler-Information sein kann, die aus gespeicherten oder kürzlich übertragenen Satelliten-Almanach-Daten hergeleitet wurde. Die Ableitung von Doppler-Information aus Satelliten-Almanach-Daten wird hier weiter in Verbindung mit [Fig. 8](#) beschrieben. Weitere Details bezüglich der in [Fig. 3](#) und [Fig. 4A–Fig. 4E](#) beschriebenen Signalverarbeitung sind in US-A-5 663 734 beschrieben.

**[0048]** Eine Zusammenfassung der vorstehend beschriebenen und in [Fig. 3](#) und in [Fig. 4A–Fig. 4E](#) gezeigten Signalverarbeitung wird nun bereitgestellt. Die GPS-Signale von einem oder mehreren GPS-Satelliten mit Sichtverbindung werden an der abgesetzten GPS-Einheit unter Verwendung einer Antenne auf der abgesetzten GPS-Einheit empfangen. Diese Signale werden digitalisiert und in einen Puffer in der abgesetzten GPS-Einheit gespeichert. Nach dem Speichern dieser Signale führt ein Prozessor in einer Ausführungsform die Vorverarbeitungs-, die schnellen Faltungsverarbeitungs- und die Nachverarbeitungs-Arbeitsgänge durch. Diese Verarbeitungsgänge umfassen:

- a) Aufteilen der gespeicherten Daten in eine Reihe von Blöcken, deren Dauern gleich einem Vielfachen der Rahmenperiode der in den GPS-Signalen enthaltenen pseudozufälligen (PN) Codes sind.
- b) für jeden Block Durchführen eines Vorverarbeitungsschritts, der einen komprimierten Datenblock erzeugt, dessen Länge gleich der Dauer einer pseudozufälligen Codeperiode ist, indem aufeinanderfolgende Datenteilblöcke kohärent zusammenaddiert werden, wobei die Teilblöcke eine Dauer gleich einem PN-Rahmen haben; dieser Additionsschritt bedeutet, daß die entsprechenden Abtastungszahlen jedes der Teilblöcke miteinander addiert werden.
- c) für jeden komprimierten Block Durchführen eines angepaßten Filterarbeitsgangs, der schnelle Faltungsverfahren nutzt, um die relative Zeitsteu-

erung zwischen dem in dem Datenblock enthaltenen empfangenen PN-Code und einem lokal erzeugten PN-Referenzsignal (z. B. pseudofällige Sequenz des verarbeiteten GPS-Satelliten) zu bestimmen.

d) Bestimmen eines Pseudobereichs durch Ausführen eines Betragsquadratur-Arbeitsgangs für die Produkte, die durch den angepaßten Filterarbeitsgang erzeugt werden, und Nachverarbeiten von diesem durch Kombinieren der betragsquadratierten Daten für alle Blöcke in einen einzigen Datenblock, indem die Blöcke aus betragsquadratierten Daten zusammenaddiert werden, um eine Spitze zu erzeugen.

und e) Finden der Position der Spitze dieses einzigen Datenblocks mit hoher Genauigkeit unter Verwendung digitaler Interpolationsverfahren, wobei die Position der Abstand von dem Anfang des Datenblocks zu der genannten Spitze ist, und die Position einen Pseudobereich für einen GPS-Satelliten darstellt, welcher der pseudozufälligen Sequenz entspricht, die verarbeitet wird.

**[0049]** Typischerweise ist das schnelle Faltungsverfahren, das in der Verarbeitung gepufferter GPS-Signale verwendet wird, eine schnelle Fouriertransformation (FFT), und das Ergebnis der Faltung wird erzeugt durch Berechnen des Produkts der Vorwärtstransformation des komprimierten Blocks und einer vorab gespeicherten Darstellung der Vorwärtstransformation der pseudozufälligen Sequenz, um ein erstes Ergebnis zu erzeugen, und dann Durchführen einer Umkehrtransformation des ersten Ergebnisses, um das Ergebnis wiederzugewinnen. Auch die Wirkungen der Doppler-induzierten Zeitverzögerungen und von dem lokalen Oszillator indizierte Zeitfehler werden an jedem komprimierten Datenblock kompensiert, indem zwischen den schnellen Vorwärts- und Rückwärtsfouriertransformationsarbeitsgängen die Multiplikation der Vorwärts-FFT der komprimierten Blöcke mit einer komplexen Exponentialfunktion eingefügt wird, deren Phase gegen die Abtastungszahl derart eingestellt wird, daß sie der für den Block erforderlichen Verzögerungskompensation entspricht.

**[0050]** In der vorangehenden Ausführungsform erfolgt die Verarbeitung von GPS-Signalen von jedem Satelliten eher zeitlich nacheinander statt parallel. In einer alternativen Ausführungsform können die GPS-Signale von allen Satelliten mit Sichtverbindung gemeinsam in zeitlich paralleler Weise verarbeitet werden.

**[0051]** Es wird hier angenommen, daß die Basisstation **10** eine gemeinsame Sichtverbindung mit allen interessierenden Satelliten hat und daß sie hinreichend nahe im Bereich der abgesetzten Einheit **20** ist, um Mehrdeutigkeiten zu vermeiden, die mit der Wiederholungsperiode des C/A-PN-Codes verbun-

den sind. Ein Bereich von 90 Meilen wird diese Kriterien erfüllen. Es wird auch angenommen, daß die Basisstation **10** einen GPS-Empfänger und eine gute geographische Position hat, so daß alle Satelliten mit Sichtverbindung fortlaufend mit hoher Genauigkeit verfolgt werden können.

**[0052]** Während mehrere beschriebene Ausführungsformen der Basisstation **10** die Verwendung eines Datenverarbeitungsbestandteils, wie etwa eines Computers an der Basisstation zeigen, um Positionsinformationen, wie etwa eine Breiten- und Längenposition für die mobile GPS-Einheit, zu berechnen, wird zu schätzen gewußt, daß jede Basisstation **10** die empfangenen Informationen, wie etwa Pseudobereiche von einer mobilen GPS-Einheit, lediglich an eine zentrale Stelle oder mehrere zentrale Stellen weiterleiten kann, welche tatsächlich die Berechnung der Breiten- und Längenposition durchführen. Auf diese Weise können die Kosten und die Komplexität dieser weiterleitenden Basisstationen verringert werden, indem eine Datenverarbeitungseinheit und ihre zugehörigen Bestandteile aus jeder weiterleitenden Basisstation entfernt werden. Eine zentrale Stelle würde Empfänger (z. B. Telekommunikationsempfänger) und eine Datenverarbeitungseinheit und zugehörige Bestandteile umfassen. Außerdem kann die Basisstation in gewissen Ausführungsformen in der Hinsicht virtuell sein, daß sie ein Satellit sein kann, der Doppler-Information oder Satelliten-Almanach-Daten an abgesetzte Einheiten überträgt, wodurch eine Basisstation in einer Übertragungszelle emuliert wird.

**[0053]** [Fig. 5A](#) und [Fig. 5B](#) zeigen zwei Ausführungsformen einer Basisstation gemäß der vorliegenden Erfindung. In der in [Fig. 5A](#) gezeigten Basisstation empfängt ein GPS-Empfänger **501** durch eine GPS-Antenne **501a** GPS-Signale. Der GPS-Empfänger **501**, der ein herkömmlicher GPS-Empfänger sein kann, stellt ein Zeitreferenzsignal bereit, das typischerweise zeitlich relativ zu GPS-Signalen eingestellt ist, und stellt auch Satelliten-Almanach-Daten für alle Satelliten in der Konstellation von GPS-Satelliten bereit und kann Doppler-Information relativ zu den Satelliten mit Sichtverbindung bereitstellen. Dieser GPS-Empfänger **501** ist mit einem disziplinierten lokalen Oszillator **505** verbunden, der das Zeitreferenzsignal **510** empfängt und sich selbst auf diese Referenz phasensynchronisiert. Dieser disziplinierte Oszillator **505** hat eine Ausgabe, die an einen Modulator **506** bereitgestellt wird. Der Modulator **506** empfängt auch die Satelliten-Almanach-Daten (oder alternativ Doppler-Dateninformationssignale für jeden Satelliten mit Sichtverbindung zu der GPS-Mobileinheit) und/oder andere Satellitendateninformationssignale **511**. Der Modulator **506** moduliert die Satelliten-Almanach-Daten (oder alternativ die Doppler-Daten) und/oder andere Satellitendateninformationen auf das lokale Oszillatorsignal, das von dem disziplinierten lokalen Oszillator **505** empfangen wurde, um

ein modulierte Signal **513** an den Sender **503** bereitzustellen. Der Sender **503** ist über die Verbindung **514** mit der Datenverarbeitungseinheit **502** verbunden, so daß die Datenverarbeitungseinheit den Betrieb des Senders **503** steuern kann, um die Übertragung von Satellitendateninformationen, wie etwa der Satelliten-Almanach-Information, über die Antenne **503a** des Senders an eine GPS-Mobileinheit zu bewirken. Auf diese Weise kann eine GPS-Mobileinheit die Satelliten-Almanach-Information, deren Quelle der GPS-Empfänger **501** ist, empfangen und kann auch das lokale Hochpräzisionsoszillatorträgersignal empfangen, das verwendet werden kann, um den lokalen Oszillator in der GPS-Mobileinheit, wie in [Fig. 6](#) gezeigt, zu eichen. Es wird zu schätzen gewußt, daß die Basisstation die aktuellen Satelliten-Almanach-Daten automatisch mit jeder Übertragung eines Positionsbestimmungsbefehls an die abgesetzte Einheit übertragen kann. Alternativ kann die Basisstation, wie vorstehend beschrieben, bestimmen, ob die gespeicherte Version der Satelliten-Almanach-Daten der abgesetzten Einheit veraltet ist, und die aktuellen Almanach-Daten nur senden, wenn die gespeicherte Version der abgesetzten Einheit veraltet ist. Wenn ein Kommunikationssystem mit hoher Bandbreite als die Kommunikationsstrecke (z. B. ein zellulARES Telefonsystem) verwendet wird, dann wird der erstere Ansatz bevorzugt. Wenn ein Kommunikationssystem mit schmaler Bandbreite verwendet wird, dann kann der letztere Ansatz bevorzugt werden.

**[0054]** Die Basisstation, wie in [Fig. 5A](#) gezeigt, umfaßt auch einen Empfänger **504**, der verbunden ist, um über eine Kommunikationsantenne **504a** Kommunikationssignale von der abgesetzten oder GPS-Mobileinheit zu empfangen. Es wird zu schätzen gewußt, daß die Antenne **504a** die gleiche Antenne wie die Senderantenne **503a** sein kann, so daß eine einzige Antenne in herkömmlicher Weise sowohl dem Sender als auch dem Empfänger dient. Der Empfänger **504** ist mit der Datenverarbeitungseinheit **502** verbunden, die ein herkömmliches Computersystem sein kann. Die Verarbeitungseinheit **502** kann auch eine Verbindung **512** umfassen, um die Doppler- und/oder Satellitendateninformation von dem GPS-Empfänger **511** zu empfangen. Diese Information kann bei der Verarbeitung der Pseudobereichsinformation oder anderen Informationen, die von der Mobileinheit über den Empfänger **504** empfangen werden, genutzt werden. Diese Datenverarbeitungseinheit **502** ist mit einer Anzeigevorrichtung **508** verbunden, die ein herkömmlicher Röhrenbildschirm sein kann. Die Datenverarbeitungseinheit **502** ist auch mit einer Massenspeichervorrichtung **507** verbunden, die GIS-(geographisches Informationssystem)Software (z. B. Atlas GIS von Strategic Mapping, Inc., Santa Clara, Kalifornien) umfaßt, die verwendet wird, um Karten auf der Anzeige **508** anzuzeigen. Unter Verwendung der Anzeigekarten kann die Position der mobilen GPS-Einheit auf der Anzeige relativ zu

einer angezeigten Karte angezeigt werden.

**[0055]** Eine in [Fig. 5B](#) gezeigte alternative Basisstation enthält viele der in [Fig. 5A](#) gezeigten gleichen Bestandteile. Anstatt die Satelliten-Almanach-Daten und/oder anderen Satellitendateninformationen von einem GPS-Empfänger zu erhalten, umfaßt die Basisstation von [Fig. 5B](#) jedoch eine Quelle von Satelliten-Almanach-Daten und/oder anderen Satellitendateninformationen **552**, die in einer herkömmlichen Weise von einer Telekommunikationsstrecke oder einer Funkstrecke erhalten werden. Zum Beispiel kann diese Information von einem Serverauftritt im Internet erhalten werden. Diese Satelliteninformationen werden über eine Verbindung **553** zu dem Modulator **506** befördert. Die andere Eingabe für den in [Fig. 5B](#) gezeigten Modulator **506** ist das Oszillatorausgangssignal von einem lokalen Referenzoszillator, wie etwa einem lokalen Cäsiumstandardoszillator. Dieser lokale Referenzoszillator **551** stellt eine Präzisionsträgerfrequenz bereit, auf welche die Satellitendateninformationen moduliert werden, die dann über den Sender **503** an die mobile GPS-Einheit übertragen werden.

**[0056]** Obwohl die vorangehende Diskussion eine Basisstation darstellt, die alle Funktionen der Satellitendatenübertragung und Frequenzreferenzinformation integriert, kann dies in den meisten praktischen Situationen teilweise unter Verwendung kommerzieller Telekommunikationssysteme, wie etwa Zellular- oder Funkrufsystemen, durchgeführt werden. Zum Beispiel nutzen die meisten digitalen zellularen Systeme einen sehr stabilen lokalen Oszillator in ihren übertragenen Signalen. In diesem Fall braucht eine Basisstation nur die Satellitendaten, wie in den Blöcken **501** oder **552**, sammeln und diese Daten unter Verwendung eines herkömmlichen verdrahteten Modems über ein derartiges Zellularsystem senden. Die tatsächlichen Modulationsfunktionen, einschließlich der Präzisionsfrequenzreferenzübertragung, werden dann von dem Zellenstandortsender durchgeführt. Dieser Ansatz führt zu einer sehr kostengünstigen Basisstation ohne besondere HF-Schaltungsanordnung. Ebenso stellt das Zellularsystem auf der abgesetzten Basisstationsstrecke die Empfangs- und Demodulationsfunktionen des Blocks **504** bereit, und die Basisstation braucht nur ein Modem zu verwenden, um derartige Daten über normale Leitungen zu empfangen.

**[0057]** Es ist ein wichtiges Kennzeichen dieser Erfindung, daß die Übertragungsfrequenz und das Format der Datensignale unwichtig sind, solange die Trägerfrequenz sehr stabil ist. Es sollte auch bemerkt werden, daß diese Trägerfrequenz sich von einer Übertragung zur nächsten ändern kann, wie sie es üblicherweise in Zellularsystemen tut, die eine große Anzahl von Frequenzkanälen verwenden, um eine große Anzahl von Benutzern zu bedienen. In einigen Fällen kann die Trägerfrequenz sich auch innerhalb

eines Rufs ändern. Zum Beispiel wird in einigen digitalen Zellularsystemen Frequenzspringen verwendet. Wiederum kann diese Erfindung eine derartige Signalisierung verwenden, solange der abgesetzte Empfänger seine Frequenz auf die stabilen übertragenen Frequenzen synchronisieren kann.

**[0058]** [Fig. 6A](#) zeigt eine Ausführungsform einer GPS-Mobileinheit der vorliegenden Erfindung, die das Präzisionsträgerfrequenzsignal verwendet, das durch die Kommunikationskanalantenne **601** empfangen wird, die ähnlich der in [Fig. 1A](#) gezeigten Antenne **24** ist. Die Antenne **601** ist mit dem Modem **602** verbunden, das ähnlich dem Modem **22** in [Fig. 1A](#) ist, und dieses Modem **602** ist mit einer automatischen Frequenzsteuerschaltung **603** verbunden, die sich mit dem Präzisionsträgerfrequenzsignal synchronisiert, das von der Basisstation (die als ein Sender eines zellularen Telefonzellenstandorts oder als einen solchen enthaltend betrachtet werden kann) gesendet wird, die hier gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben wird. Die automatische Frequenzsteuerschaltung **603** stellt eine Ausgabe **604** bereit, deren Frequenz typischerweise mit der Präzisionsträgerfrequenz synchronisiert ist. Dieses Signal **604** wird von dem Vergleicher **605** mit der Ausgabe des lokalen GPS-Oszillators **606** über die Verbindung **608** verglichen. Das Ergebnis des von dem Vergleicher **605** durchgeführten Vergleichs ist ein Fehlerkorrektursignal **610**, das als ein Korrektursignal an den lokalen GPS-Oszillator **606** bereitgestellt wird. Auf diese Weise stellt der Frequenzsynthesizer **609** über die Verbindung **612** ein geeichtes lokales Oszillatorsignal mit höherer Qualität an den GPS-Abwärtsmischer **614** bereit. Es wird zu schätzen gewußt, daß der lokale GPS-Oszillator **606** und der Frequenzsynthesizer **609** zusammen als ein lokaler Oszillator betrachtet werden können, der ein GPS-Taktsignal bereitstellt, da in den Abwärtsmischer eingegeben wird, um die GPS-Signale zu erfassen, die durch die GPS-Antenne **613** empfangen werden. Wie hier verwendet, beziehen sich „geeicht“, „eichen“ oder „Eichung“ entweder auf ein System, das einen lokalen Oszillator (unter Verwendung eines Referenzsignals, das aus einer Messung eines Fehlers in einem lokalen Oszillator hergeleitet wird) mißt und korrigiert, oder ein System, das ein lokales Oszillatorsignal (z. B. durch Einspeisen eines lokalen Oszillatorsignals von dem Kommunikationsempfänger in die Frequenzsynthesizerschaltungen, die GPS-Taktsignale erzeugen, die verwendet werden, um GPS-Signale abwärtszumischen/zu erfassen) stabilisiert. Es wird zu schätzen gewußt, daß das über die Verbindung **612** bereitgestellte Signal ähnlich dem lokalen Oszillatorsignal, das von der Verbindung **39** in [Fig. 1A](#) an den Umsetzer **42** bereitgestellt wird, ist; auch ist der Umsetzer **42** ähnlich dem GPS-Abwärtsmischer **614**, der mit der GPS-Antenne **613** verbunden ist, um GPS-Signale zu empfangen.

**[0059]** In einer alternativen Ausführungsform ist das von der AFC-Einheit in dem Kommunikationsempfänger bereitgestellte Signal **604** ein LO, der mit der richtigen Frequenz als eine Referenz für den Frequenzsynthesizer **609** dient. In diesem Fall ist kein lokaler GPS-Oszillator erforderlich (in [Fig. 6A](#) aus diesem Grund als optional gezeigt), und dieses Signal **604** wird als Ersatz für das Signal **607** von dem lokalen GPS-Oszillator direkt in den Synthesizer **609** eingespeist. Auf diese Weise wird ein präzises stabiles lokales Oszillatorsignal an den GPS-Abwärtsmischer bereitgestellt, damit der Abwärtsmischer GPS-Signale erfaßt, die durch eine GPS-Antenne empfangen werden.

**[0060]** In einer alternativen Ausführungsform kann das Ergebnis des von dem Vergleicher **605** durchgeführten Vergleichs über die Verbindung **610a** als eine Fehlerkorrektur an die DSP-Komponente **620** ausgegeben werden, die ähnlich dem in [Fig. 1A](#) gezeigten DSP-Chip **32** ist. In diesem Fall wird kein Fehlerkorrektursignal **610** indirekt an den Frequenzsynthesizer **609** bereitgestellt. Die automatische Frequenzsteuerschaltung kann unter Verwendung einer Anzahl herkömmlicher Verfahren, einschließlich einer Phasensregelschleife oder einer Frequenzregelschleife oder eines Blockphasenschätzers, implementiert werden.

**[0061]** [Fig. 6B](#) zeigt eine andere Ausführungsform einer mobilen GPS-Einheit zum Eichen des lokalen GPS-Oszillators, der verwendet wird, um die GPS-Signale in der Mobileinheit der vorliegenden Erfindung zu erfassen (z. B. abwärtszumischen). Der Ansatz ist, eine stabile Frequenz von der Empfangsschaltungsanordnung eines Kommunikationsempfängers her zu leiten. Viele Kommunikationssignale, wie etwa digitale zellulare und PCS-Signale haben Trägerfrequenzen, die auf ein Millionstel stabil sind. Die Empfänger für derartige Signale stellen als Teil ihres Betriebs ein Phasensynchronisationsverfahren bereit, das auf den Empfangssignalträger angewendet wird, so daß ein derartiger Träger entfernt werden kann, was die Demodulation der digitalen Daten ermöglicht, die dem Träger aufgebürdet werden. Das Phasensynchronisationsverfahren erzeugt normalerweise als Teil seines Prozesses einen stabilen lokalen Oszillator, der dann genutzt werden kann, um die lokalen Oszillatoren eines GPS-Empfängers zu stabilisieren, wodurch teure Bestandteile in diesem Empfänger vermieden werden.

**[0062]** Das von dem Kommunikationsempfänger **640** empfangene Kommunikationssignal kann abhängig davon, auf welchen Kanal er eingestellt wird, eine einer Mehrzahl von möglichen Trägerfrequenzen haben. Die erste Stufe (Umsetzer **642**) des Empfängers mischt das Eingangssignal abwärts auf eine einzige ZF-Frequenz, zum Beispiel 140 MHz. Diese Abwärtsmischung wird von dem Oszillator VCO1 **643** gesteuert, der ein Oszillatorsignal bereitstellt, das in

den Abwärtsmischer **642** eingegeben wird. Die Ausgabe des VCO1 wird ihrerseits von dem Frequenzsynthesizer **644** gesteuert, der eine Eingabe an die Oszillatoren VCO1 **643** und VCO2 **647** bereitstellt. Der Mischer **646** bildet eine zweite Stufe eines HF-ZF-Abwärtsmischers, der von einem Eingangssignalsignal von dem Oszillator **647** gesteuert wird. Die folgende Stufe (Costas-Schleifendemodulator **648** und temperaturkompensierter gesteuerter Oszillator (TCVCXO) **645**) des Kommunikationsempfängers ist eine phasensynchronisierte Schaltung, deren Zweck es ist, ein lokales Oszillatorsignal aufzubauen, das mit der Trägerfrequenz des ankommenden Signals phasensynchronisiert ist. Für ein Signal, das phasenumgetastet wird, ist eine in der Technik wohlbekannte übliche Schaltung, um dies durchzuführen, die Costas-Schleife (siehe z. B. Gardner, Phaselock Techniques, 2. Ausgabe, John Wiley & Sons, 1979). In [Fig. 6B](#) stellt die Costas-Schleife eine Frequenzkorrekturspannung für den Referenzfrequenzgenerator TCVCXO **645** bereit, der bewirkt, daß die Ausgabe des TCVCXO **645** in der Phase und der Frequenz mit der Trägerfrequenz des ZF-Signals ausgerichtet ist.

**[0063]** Die VCO-Ausgabe **645a** (von dem TCVCXO **645**) kann dann als eine Referenzfrequenz an einen Frequenzsynthesizer **654** geliefert werden, der mit dem GPS-Abwärtsmischer **652** des GPS-Empfängerabschnitts **650** verwendet wird. Auf diese Weise erzeugt der Frequenzsynthesizer Eingaben für lokale Oszillatoren (VCO3 **653** und VCO4 **655**) für die Verwendung in dem GPS-System, das die gleiche Frequenzstabilität hat wie das empfangene Kommunikationssignal. Der Oszillator **653** steuert die erste Stufe der HF-ZF-Abwärtsmischung, und der Oszillator **655** steuert die zweite Stufe der HF-ZF-Abwärtsmischung. Der Mischer **656** bildet eine zweite Stufe eines HF-ZF-Abwärtsmischers, der eine erste Zwischenfrequenz von dem Abwärtsmischer **652** empfängt und eine zweite Zwischenfrequenz an die Digitalisierschaltungen (zusammen mit dem Puffer und dem GPS-Prozessor in Block **657** gezeigt) bereitstellt.

**[0064]** Beachten Sie, daß der obige Ansatz anwendbar ist, obwohl die Frequenz des empfangenen Kommunikationssignals sich von einer Empfangszeit zur nächsten ändern kann, wenn das Signal einem anderen Frequenzkanal zugewiesen wird.

**[0065]** Eine Alternative zu dem obigen Ansatz ist in [Fig. 6C](#) gezeigt. Hier wird eine integrierte Schaltung für einen direkten digitalen Synthesizer (DDS) **677** mit einem digitalen Abstimmungswort von der Costas-Schleife **679**, die ebenfalls als eine digitale Schaltung implementiert ist, versorgt. Das Abstimmungswort kann dann auch an den Frequenzsynthesizer **689**, der Teil des GPS-Empfängers ist, geliefert werden, um seine lokalen Oszillatoren zu stabilisieren. In

diesem Fall kann dieser Frequenzsynthesizer auch einen DDS **689b** verwenden, um die Präzisionsabstimmung seiner Frequenz, ein inhärentes Merkmal eines DDS, zu ermöglichen.

**[0066]** Es gibt alternative hybride Kombinationen der obigen Ansätze – z. B. einen DDS in dem Kommunikationsempfänger, aber die DDS-LO-Ausgabe wird in das GPS-System eingespeist. Der allgemeine Ansatz ist, daß eine Frequenzsynchronisations- oder Phasensynchronisationsschaltung in dem Kommunikationsempfänger entweder eine Abstimmungsspannung oder lokale Oszillatorsignale erzeugt, die in eine Frequenzsyntheseschaltung auf dem GPS-Empfänger eingespeist werden, um die lokalen Oszillatoren zu stabilisieren, die von diesem System bereitgestellt werden.

**[0067]** Es sollte bemerkt werden, daß die Phasensynchronisationsschaltungen in den Empfängern **640** und **670** anstelle von analogen Einrichtungen alternativ ganz oder teilweise über eine digitale Signalverarbeitungseinrichtung implementiert werden können. In diesem Fall kann die Eingabe in diese Schaltungen über einen A/D-Wandler digitalisiert werden, und die Schaltungsfunktionen dieser Blöcke können unter Verwendung von festverdrahteten oder programmierbaren (d. h. programmierbarer DSP) digitalen Signalverarbeitungselementen aufgebaut werden.

**[0068]** [Fig. 7](#) stellt eine bestimmte Sequenz der Leistungsverwaltung gemäß einer Ausführungsform der Erfindung dar. Es wird zu schätzen gewußt, daß es zahlreiche in der Technik bekannte Wege gibt, um die Leistung zu verringern. Diese umfassen das Verlangsamen des Takts, der an einen synchronen getakteten Bestandteil bereitgestellt wird, ebenso wie das komplette Herunterfahren der Leistung für einen bestimmten Bestandteil oder das Abschalten gewisser Schaltungen eines Bestandteils, aber nicht von anderen. Es wird zu schätzen gewußt, daß zum Beispiel Phasenregelschleifen und Oszillatorschaltungen Anlauf- und Stabilisierungszeiten erfordern, und ein Entwickler folglich entscheiden kann, diese Bestandteile nicht komplett (oder überhaupt) herunterzufahren. Das in [Fig. 7](#) gezeigte Beispiel beginnt mit Schritt **701**, in dem die verschiedenen Bestandteile des Systems initialisiert werden und in einen Zustand verringerter Leistung gebracht werden. Entweder periodisch oder nach einer vorbestimmten Zeitspanne wird der Kommunikationsempfänger in dem Modem **22** zu voller Leistung zurück gebracht, um zu bestimmen, ob Befehle von der Basisstation **10** gesendet werden oder nicht. Dieses findet in Schritt **703** statt. Wenn in Schritt **705** eine Anforderung von Positionsinformation von einer Basiseinheit empfangen wird, warnt das Modem **22** die Leistungsverwaltungsschaltung in Schritt **707**. Zu diesem Zeitpunkt kann der Kommunikationsempfänger in dem Modem **22** entweder für eine vorbestimmte Zeitspanne ausgeschal-

tet werden oder zu einer späteren Zeit regelmäßig wieder angeschaltet werden; dies ist als Schritt **709** gezeigt. Es wird zu schätzen gewußt, daß der Kommunikationsempfänger im vollen Leistungszustand gehalten wird, anstatt daß er zu diesem Zeitpunkt ausgeschaltet wird. Dann bringt die Leistungsverwaltungsschaltung den GPS-Empfängerabschnitt der Mobileinheit in Schritt **711** auf die volle Leistung zurück, indem sie den Umsetzer **42** und die Analog-Digital-Wandler **44** einschaltet; wenn der Frequenzoszillator **38** auch ausgeschaltet war, wird dieser Bestandteil zu diesem Zeitpunkt eingeschaltet und zu seiner vollen Leistung zurück gebracht und ihm etwas Zeit zum Stabilisieren gelassen. Dann empfängt der GPS-Empfänger einschließlich seiner Bestandteile **38**, **42** und **44** in Schritt **713** das GPS-Signal. Dieses GPS-Signal wird in dem Speicher **46** gepuffert, der auch zu voller Leistung zurückgekehrt ist, als der GPS-Empfänger in Schritt **711** zu voller Leistung zurückgebracht wurde. Nachdem die Erfassung der Zwischensicherungsinformation abgeschlossen ist, wird der GPS-Empfänger in Schritt **717** in einen Zustand mit verringerter Leistung zurückgebracht; dies weist typischerweise die Verringerung der Leistung für den Umsetzer **42** und **44** auf, während der Speicher **46** auf voller Leistung gehalten wird. Dann wird das Verarbeitungssystem in Schritt **719** zu voller Leistung zurückgebracht; in einer Ausführungsform bedingt dies die Bereitstellung der vollen Leistung an den DSP-Chip **32**; es wird jedoch zu schätzen gewußt, daß, wenn der DSP-Chip **32** auch Leistungsverwaltungsfunktionen wie im Fall der in [Fig. 1C](#) gezeigten Ausführungsform bereitstellt, der DSP-Chip **32a** dann typischerweise in Schritt **707** zu voller Leistung zurückgebracht wird. In der in [Fig. 1A](#) gezeigten Ausführungsform, wo der Mikroprozessor **26** die Leistungsverwaltungsfunktion ausführt, kann das Verarbeitungssystem, wie etwa der DSP-Chip **32**, in Schritt **719** zu voller Leistung zurückgebracht werden. In Schritt **721** wird das GPS-Signal gemäß dem Verfahren der vorliegenden Erfindung, wie etwa dem in [Fig. 3](#) gezeigten, verarbeitet. Dann nach dem Abschließen der Verarbeitung des GPS-Signals, wird das Verarbeitungssystem in einen Zustand verringerter Leistung versetzt, wie in Schritt **723** gezeigt (es sei denn, das Verarbeitungssystem steuert auch die Leistungsverwaltung, wie vorstehend bemerkt). Dann wird der Kommunikationssender in dem Modem **22** in Schritt **725** zu voller Leistung zurückgebracht, um in Schritt **727** das verarbeitete GPS-Signal zurück an die Basisstation **10** zu übertragen. Nach dem Abschluß der Übertragung des verarbeiteten GPS-Signals, wie etwa der Pseudobereichsinformation oder der Breiten- und Längenpositionsinformation, wird der Kommunikationssender in **729** in einen verringerten Leistungszustand zurückgebracht, und das Leistungsverwaltungssystem wartet in Schritt **731** auf eine Verzögerung um eine Zeitspanne, wie etwa die vorbestimmte Zeitspanne. Nach dieser Verzögerung wird der Kommunikationsempfänger

ger in dem Modem **22** in den vollen Leistungszustand zurückgebracht, um zu bestimmen, ob eine Anforderung von einer Basisstation gesendet wird.

**[0069]** [Fig. 8](#) zeigt ein Verfahren zum Herleiten von Doppler-Information für Satelliten mit Sichtverbindung aus den Satelliten-Almanach-Daten, die gemäß der vorliegenden Erfindung an eine abgesetzte Einheit gesendet werden. Die abgesetzte Einheit empfängt in Schritt **801** die Satelliten-Almanach-Daten und speichert diese Daten in der abgesetzten Einheit (wobei sie diese z. B. in einem Flash-EEPROM speichert). Wahlweise kann die abgesetzte Einheit die Daten mit dem aktuellen Datum und der Zeit stemplein, um das Veraltetsein der Almanachdaten, wie hier später beschrieben, zu bestimmen.

**[0070]** In Schritt **803** bestimmt die abgesetzte Einheit die ungefähre Tageszeit und ihre ungefähre Position. Unter Verwendung der ungefähren Zeit und Position mit den Satelliten-Almanachdaten bestimmt die abgesetzte Einheit in Schritt **805** die Dopplerdaten aller Satelliten mit Sichtverbindung. Wenn die abgesetzte Einheit den Positionsbestimmungsbefehl von der Basisstation empfängt, kann sie auch eine Kennung der Satelliten mit Sichtverbindung empfangen, um nur für diese Satelliten Dopplerdaten aus den Almanachdaten und aus der in Schritt **803** bestimmten ungefähren Zeit und Position zu berechnen. Obwohl Almanachdaten von den GPS-Satelliten in dem übertragenen Signal in einer spezifischen Form bereitgestellt werden, ist es nicht notwendig, daß diese Information in dieser Form über die Kommunikationsstrecke geliefert wird. Zum Beispiel können diese Daten komprimiert werden, indem die Genauigkeit der verschiedenen übertragenen Größen verringert wird. Die Verringerung der Genauigkeit kann die Dopplergenauigkeit verringern, aber eine derartige Verringerung kann immer noch innerhalb der erlaubten Fehlervorgabe des GPS-Empfängers sein. Alternativ kann eine andere Darstellung der Almanachdaten bevorzugt werden, z. B. Anpassen der Satellitenpositionsdaten an einen Kurvensatz, wie etwa Kugelflächenfunktionen. Dieser Ansatz kann dem GPS-Empfänger ermöglichen, die Dopplerdaten leichter aus den zugeführten Almanachdaten zu berechnen.

**[0071]** Ungefähre Dopplerdaten können durch Berechnen des Bereichs von den abgesetzten Einheiten zu den interessierenden Satelliten zu Zeiten, die um ein passendes Intervall (z. B. 1 Sekunde) getrennt sind, berechnet werden. Dies wird unter Verwendung der gelieferten Almanachdaten und der ungefähren Benutzerposition (z. B. basierend auf der bestimmten Position des Zellenstandorts in einem zellularen Telefonsystem) erledigt. Die Differenz in diese Bereichen ist ein Bereichsanteil, der durch die Lichtgeschwindigkeit dividiert werden kann, um Dopplerdaten zu ergeben, die in Sekunden pro Se-

kunde (oder einem anderen passenden Einheiten-satz, wie etwa Nanosekunden pro Sekunde) ausgedrückt werden.

**[0072]** In der vorangehenden Diskussion wurde die Erfindung unter Bezug auf die Anwendung auf das globale Positionsbestimmungssatellitensystem (GPS-System) der Vereinigten Staaten beschrieben. Es sollte jedoch offensichtlich sein, daß diese Verfahren ebenso auf ähnliche Satellitenpositionsbestimmungssysteme und insbesondere das russische Glonass-System anwendbar sind. Das Glonass-System unterscheidet sich von dem GPS-System in erster Linie dadurch, daß die Aussendungen von verschiedenen Satelliten anstelle der Verwendung pseudozufälliger Codes unter Verwendung leicht unterschiedlicher Trägerfrequenzen unterschieden werden. Unter diesen Umständen sind im wesentlichen alle früher beschriebenen Schaltungsanordnungen und Algorithmen mit der Ausnahme anwendbar, daß bei der Verarbeitung der Aussendung eines neuen Satelliten ein anderer exponentieller Faktor verwendet wird, um die Daten vorzuverarbeiten. Dieser Arbeitsgang kann mit dem Dopplerkorrekturarbeitsgang des Kästchens **108** von [Fig. 3](#) kombiniert werden, ohne daß zusätzliche Verarbeitungsgänge erforderlich sind. Unter diesen Umständen ist nur ein PN-Code notwendig, wodurch der Block **106** beseitigt wird. Der hier verwendete Begriff „GPS“ umfaßt derartige alternative Satellitenpositionsbestimmungssysteme, einschließlich des russischen Glonass-Systems.

**[0073]** Obwohl die [Fig. 1A](#), [Fig. 1B](#) und [Fig. 1C](#) eine Mehrzahl logischer Blöcke darstellen, die digitale Signale verarbeiten (z. B. **46**, **32**, **34**, **26**, **30**, **28** in [Fig. 1A](#)), sollte zu schätzen gewußt werden, daß mehrere oder alle diese Blöcke miteinander auf einer einzigen integrierten Schaltung integriert werden können, während immer noch das programmierbare Wesen des DSP-Abschnitts einer derartigen Schaltung beibehalten wird. Eine derartige Implementierung kann für Anwendungen mit sehr geringer Leistung und Kostenempfindlichkeit wichtig sein.

**[0074]** Es wird zu schätzen gewußt, daß die verschiedenen Aspekte der vorliegenden Erfindung, einschließlich der Verwendung von Satelliten-Almanachdaten an der abgesetzten Einheit zum Herleiten von Doppler-Information und einschließlich der Verwendung eines Präzisionsträgerfrequenzsignals zum Eichen der Ausgabe des lokalen GPS-Oszillators, der verwendet wird, um GPS-Signale zu erfassen, in GPS-Mobileinheiten verwendet werden können, die Architekturen wie die in US-A-6 002 363 beschriebenen haben.

**[0075]** Es sollte auch zu schätzen gewußt werden, daß ein oder mehrere Arbeitsgänge von [Fig. 3](#) durch festverdrahtete Logik durchgeführt werden können, um die Gesamtverarbeitungsgeschwindigkeit zu er-

höhen, während das programmierbare Wesen des DSP-Prozessors beibehalten wird. Zum Beispiel kann die Doppler-Korrekturfähigkeit des Blocks **108** durch dedizierte Hardware ausgeführt werden, die zwischen dem digitalen Zwischensicherungsspeicher **46** und der DSP-IC **32** angeordnet sein kann. Alle anderen Softwarefunktionen von [Fig. 3](#) können in derartigen Fällen von dem DSP-Prozessor ausgeführt werden. Auch können mehrere DSPs zusammen in einer abgesetzten Einheit verwendet werden, um höhere Verarbeitungsleistung bereitzustellen. Es wird auch zu schätzen gewußt, daß es möglich ist, mehrere Rahmensätze von GPS-Datensignalen zu erfassen (abzutasten) und jeden Satz, wie in [Fig. 3](#) gezeigt, zu verarbeiten, während die Zeit zwischen dem Erfassen jedes Rahmensatzes berücksichtigt wird.

**[0076]** In der vorangehenden Beschreibung wurde die Erfindung unter Bezug auf spezifische beispielhafte ihrer Ausführungsformen beschrieben. Es ist jedoch offensichtlich, daß vielfältige Modifikationen und Änderungen daran vorgenommen werden können, ohne von dem Schutzbereich der Erfindung, wie in den beigefügten Ansprüchen dargelegt, abzuweichen. Die Beschreibung und die Zeichnungen sind folglich vielmehr in einem veranschaulichenden als einem einschränkenden Sinn zu betrachten.

### Patentansprüche

1. Verfahren zum Bestimmen der Position einer abgesetzten Einheit (**20**) mit den Schritten:  
Empfangen von Satelliten-Almanach-Information für mehrere Satelliten eines Satelliten-Positionsbestimmungssystems von einer getrennt angeordneten Basisstation oder von einem eine Basisstation emulierenden anderen Satelliten an der abgesetzten Station (**20**);  
Bestimmen der ungefähren Tageszeit und Position der abgesetzten Einheit;  
Herleiten von Doppler-Information für mehrere der Satelliten des Satelliten-Positionsbestimmungssystems von der Satelliten-Almanach-Information unter Verwendung der ungefähren Tageszeit und Position;  
Empfangen von GPS-Signalen von den Satelliten des Satelliten-Positionsbestimmungssystems; und  
Berechnen von Pseudobereichen für die abgesetzte Einheit in der abgesetzten Einheit, wobei durch die Doppler-Information eine Doppler-Verschiebung in den GPS-Signalen kompensiert wird, die von den Satelliten des Satelliten-Positionsbestimmungssystems empfangen werden, um Pseudobereiche an der abgesetzten Einheit zu berechnen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Satelliten-Almanach-Information von einem Referenzspeichermedium an der Basisstation erhalten wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, ferner gekennzeichnet

durch die Schritte zum Übertragen der Pseudobereiche von der abgesetzten Einheit zur Basisstation und zum Berechnen einer Breiten- und einer Längenposition, die die Position der abgesetzten Einheit anzeigen, in der Basisstation.

4. Verfahren nach Anspruch 1, ferner gekennzeichnet durch den Schritt zum Übertragen von Satellitendateninformation von einer von den mehreren Satelliten des Satelliten-Positionsbestimmungssystems verschiedenen Quelle an die abgesetzte Einheit, wobei die Satellitendateninformation Daten enthält, die eine Ephemeride der mehreren Satelliten darstellen.

5. Abgesetzte Einheit, die Daten verwendet, die GPS-Signale darstellen, um die Position der abgesetzten Einheit bereitzustellen, wobei die abgesetzte Einheit einen ersten Empfänger zum Empfangen der GPS-Signale von Satelliten eines Satelliten-Positionsbestimmungssystems und eine Verarbeitungseinheit aufweist;  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die abgesetzte Einheit ferner einen zweiten Empfänger aufweist;  
wobei der zweite Empfänger dazu geeignet ist, über eine Kommunikationsstrecke verbunden zu werden, um Satelliten-Almanach-Information für mehrere Satelliten des Satelliten-Positionsbestimmungssystems zu empfangen, mit denen die abgesetzte Einheit eine Sichtverbindung hat, wobei die Satelliten-Almanach-Information von einer separat angeordneten Basisstation oder einem eine Basisstation emulierenden anderen Satelliten empfangen wird;  
wobei die Verarbeitungseinheit mit dem zweiten Empfänger verbunden ist, um die Satelliten-Almanach-Information zu empfangen, Doppler-Information für die mehreren Satelliten von der Satelliten-Almanach-Information herzuleiten und Pseudobereiche für die abgesetzte Einheit zu berechnen, wobei durch die Doppler-Information eine Doppler-Verschiebung in den empfangenen GPS-Signalen kompensiert wird, um Pseudobereiche an der abgesetzten Einheit zu berechnen.

6. Abgesetzte Einheit nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Kommunikationsstrecke ein Hochfrequenzkommunikationsmedium aufweist.

7. Abgesetzte Einheit nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die abgesetzte Einheit ferner einen mit der Verarbeitungseinheit verbundenen Sender zum Übertragen der Pseudobereiche aufweist.

8. Abgesetzte Einheit nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Verarbeitungseinheit einen Digitalsignalprozessor (DSP) aufweist, und wobei der DSP die GPS-Signale und die Doppler-Information unter Verwendung eines schnellen Faltungsalgorithmus

mus verarbeitet.

9. Abgesetzte Einheit nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die abgesetzte Einheit ferner einen mit der Verarbeitungseinheit verbundenen Sender zum Übertragen der Pseudobereiche aufweist.

10. Abgesetzte Einheit nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Empfänger dazu geeignet ist, Satellitendateninformation der Satelliten von einer von den mehreren Satelliten des Satelliten-Positionsbestimmungssystems verschiedenen Quelle zu empfangen, wobei die Satellitendateninformation Daten enthält, die eine Ephemeride der mehreren Satelliten darstellen.

Es folgen 14 Blatt Zeichnungen

## Anhängende Zeichnungen

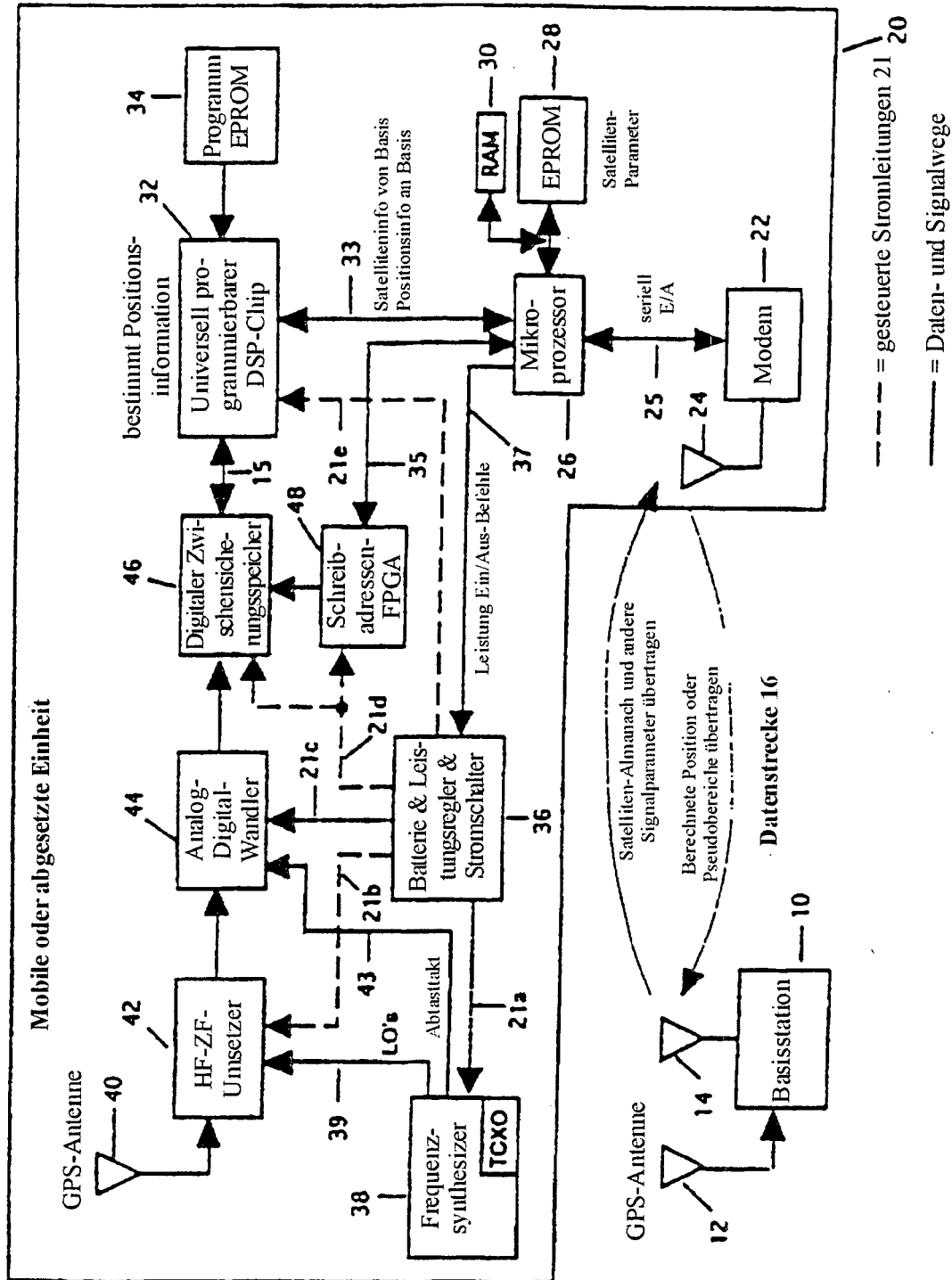


FIG. 1A

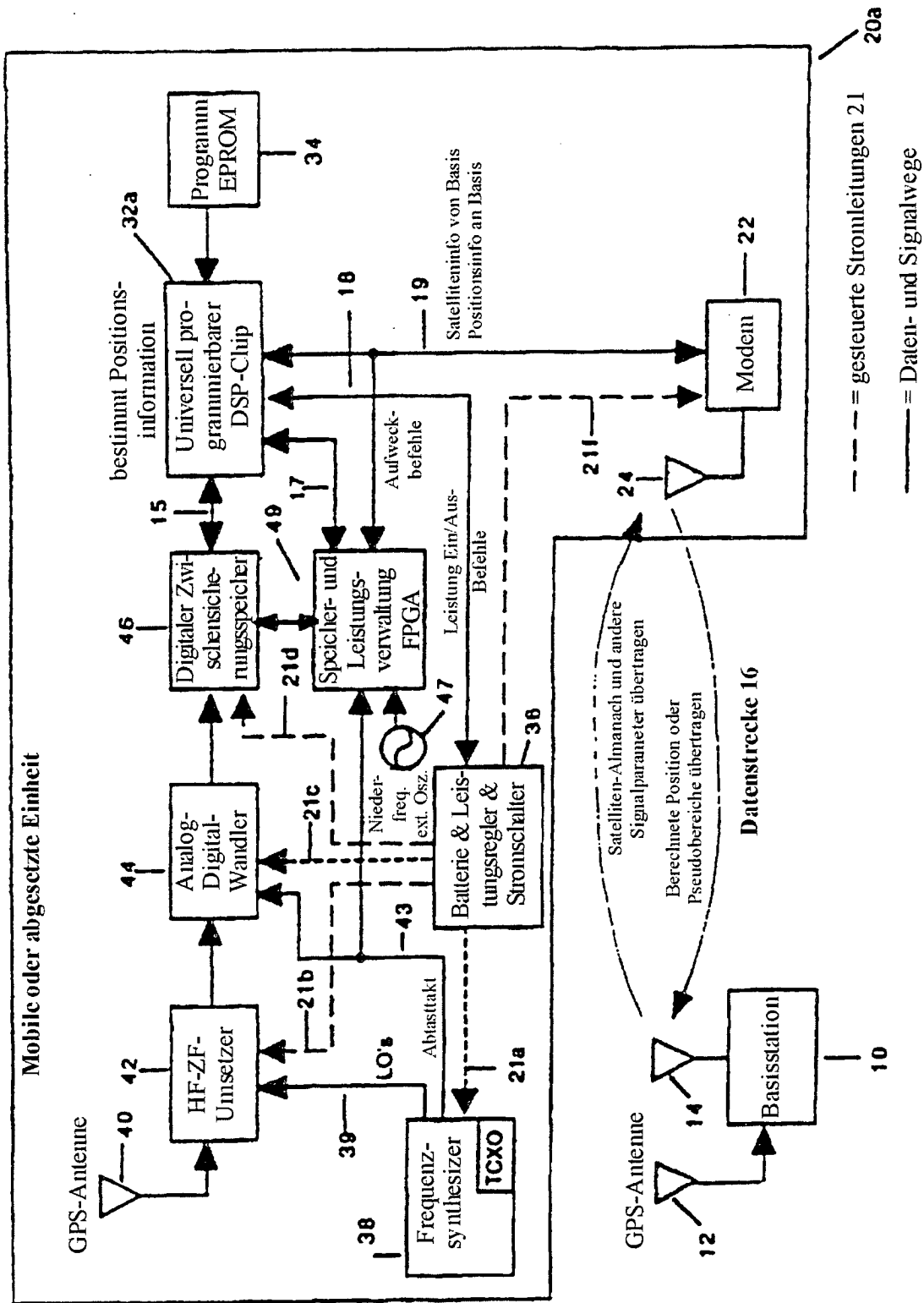
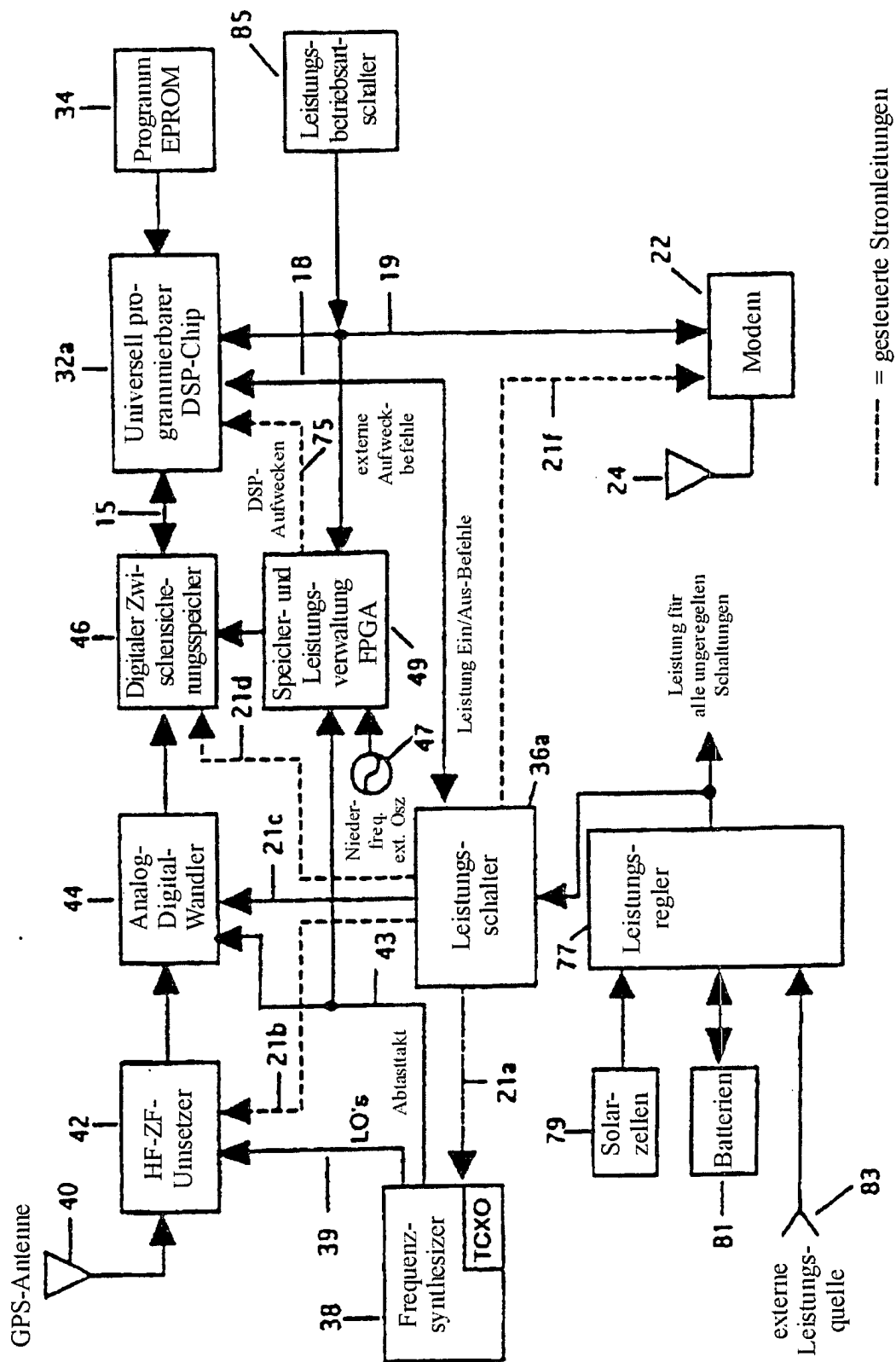
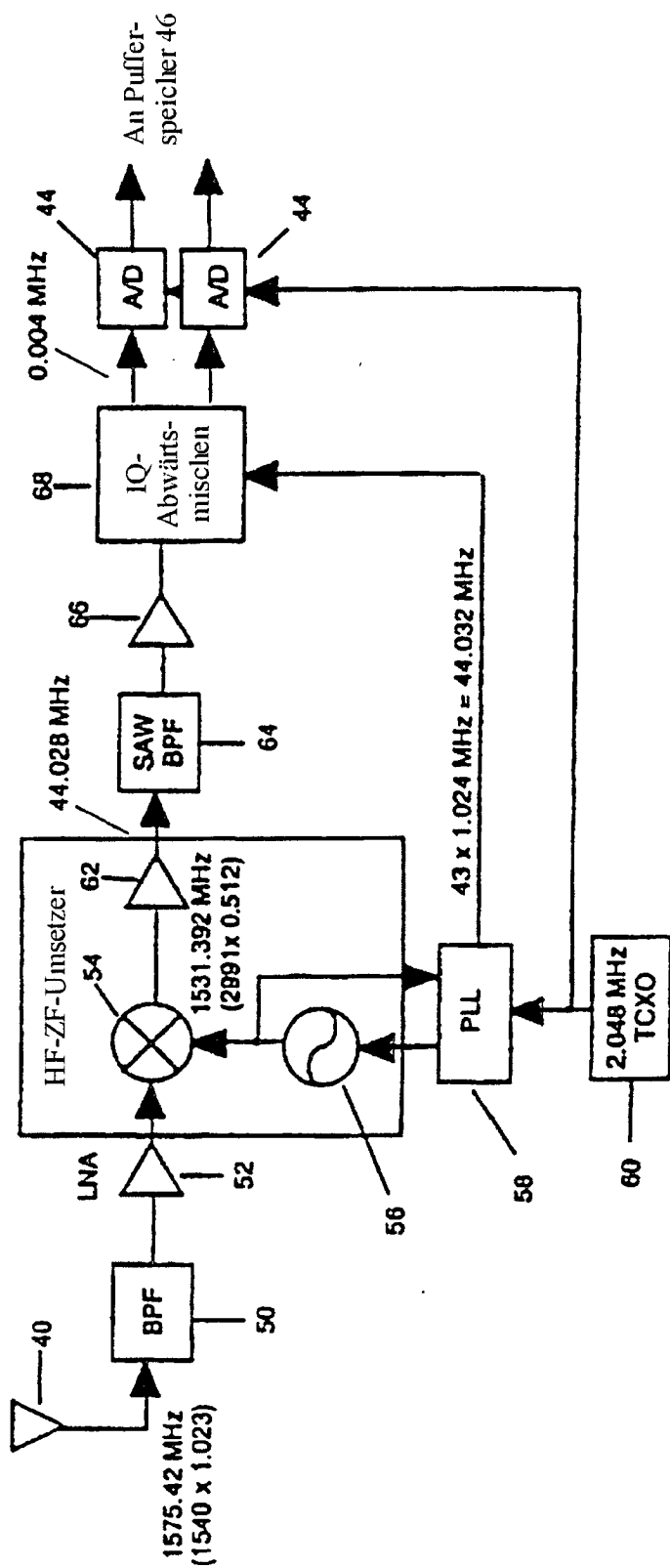


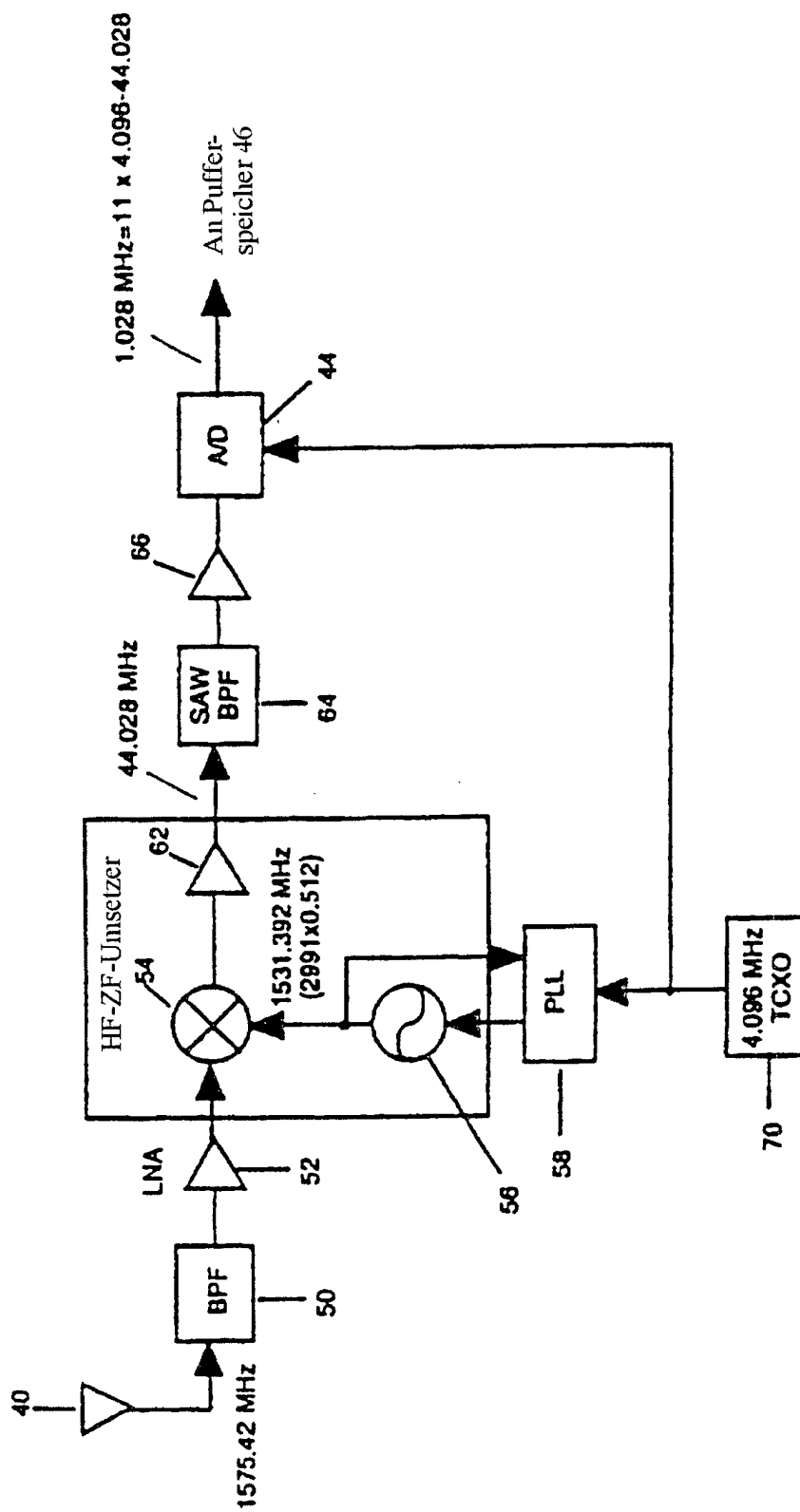
FIG. 1B



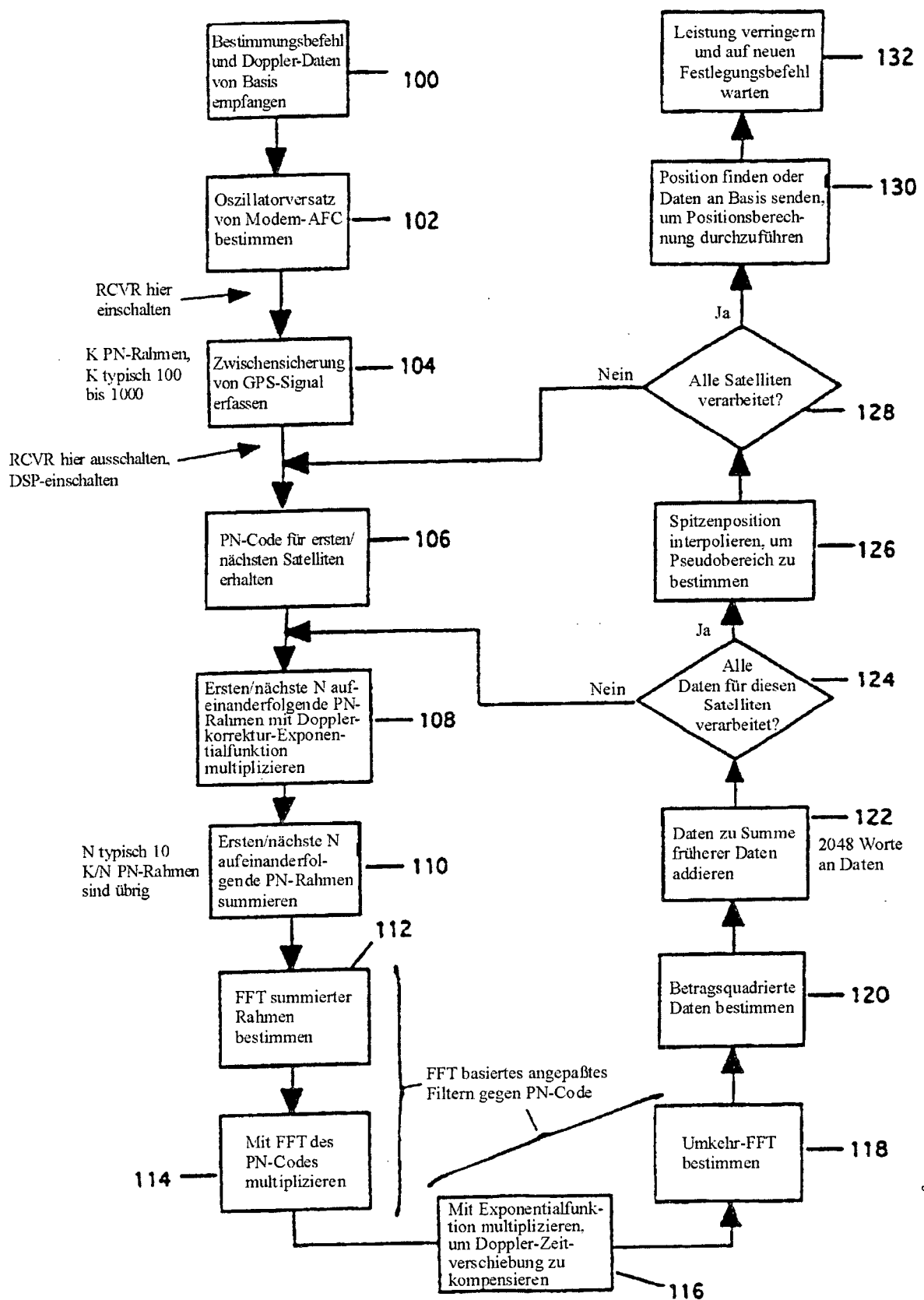
Figur 1C



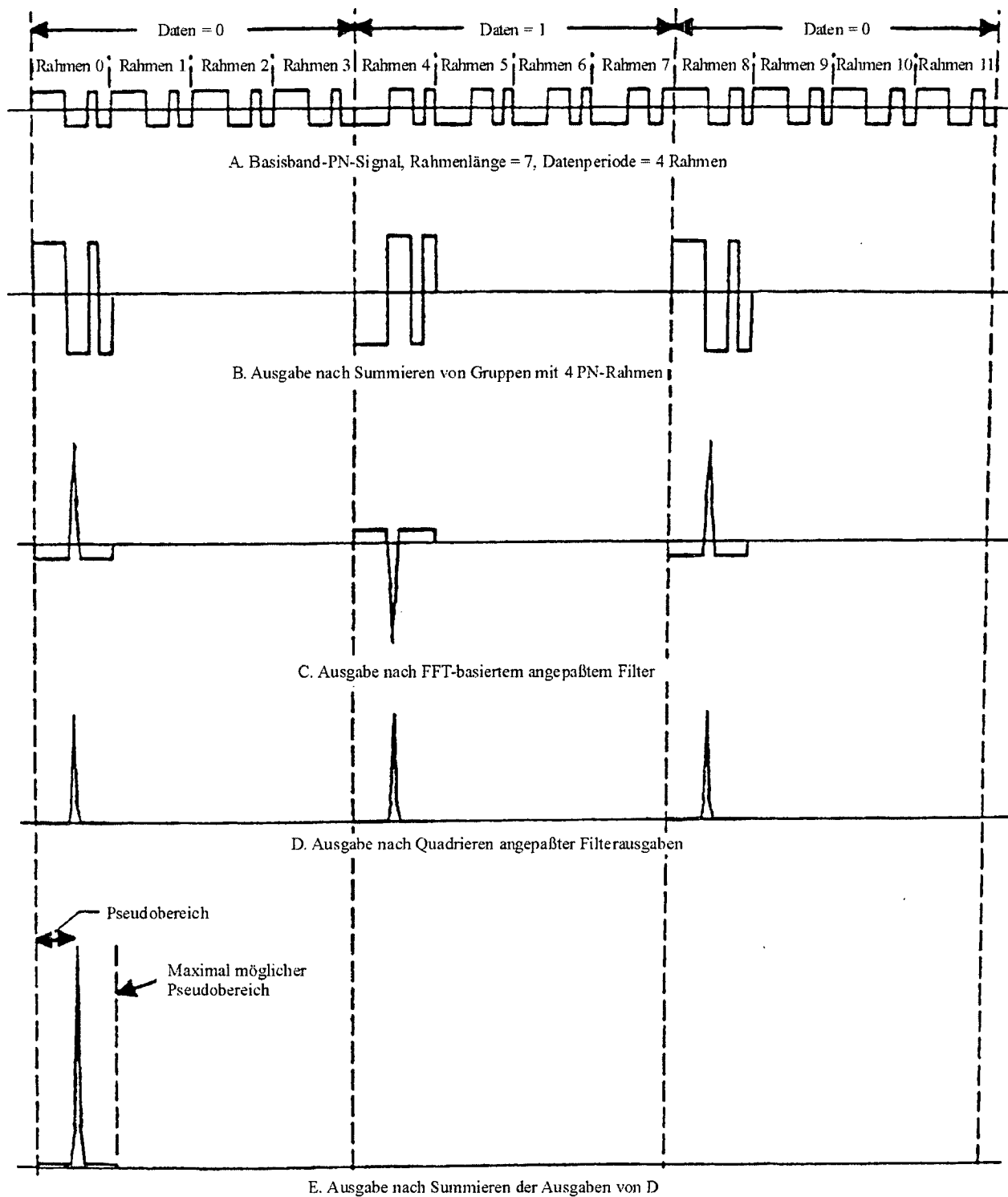
Figur 2A



Figur 2B

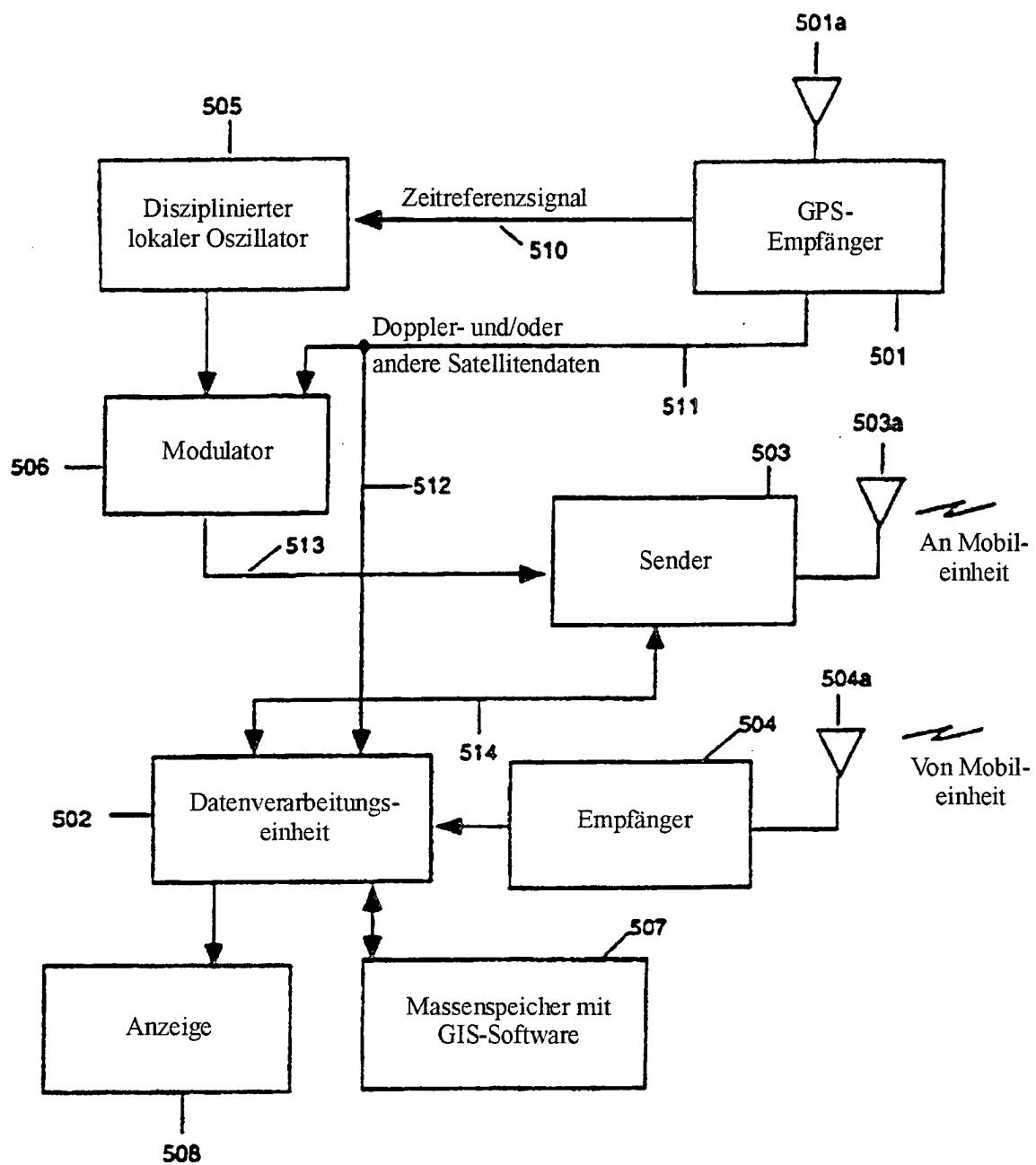


Figur 3

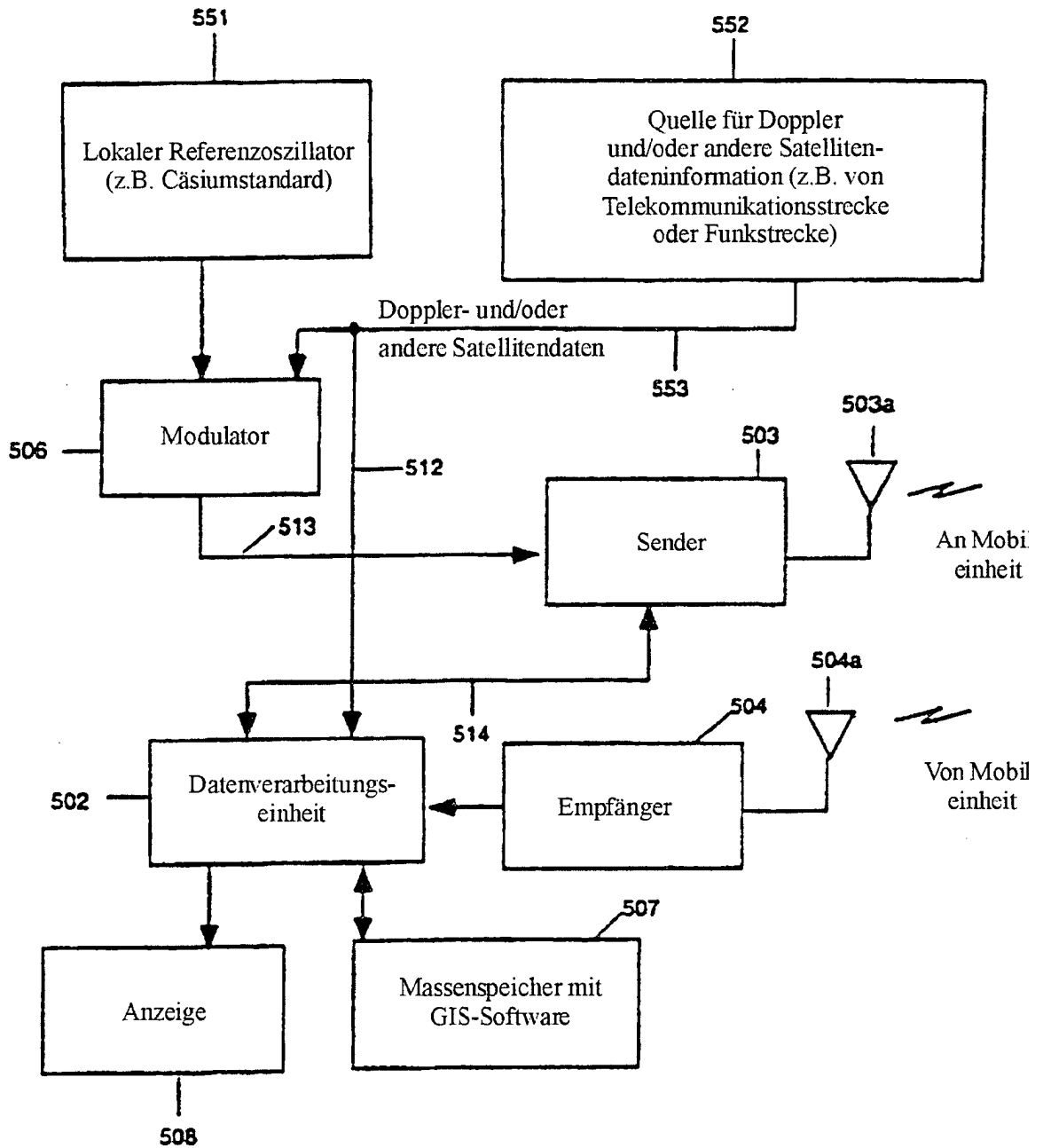


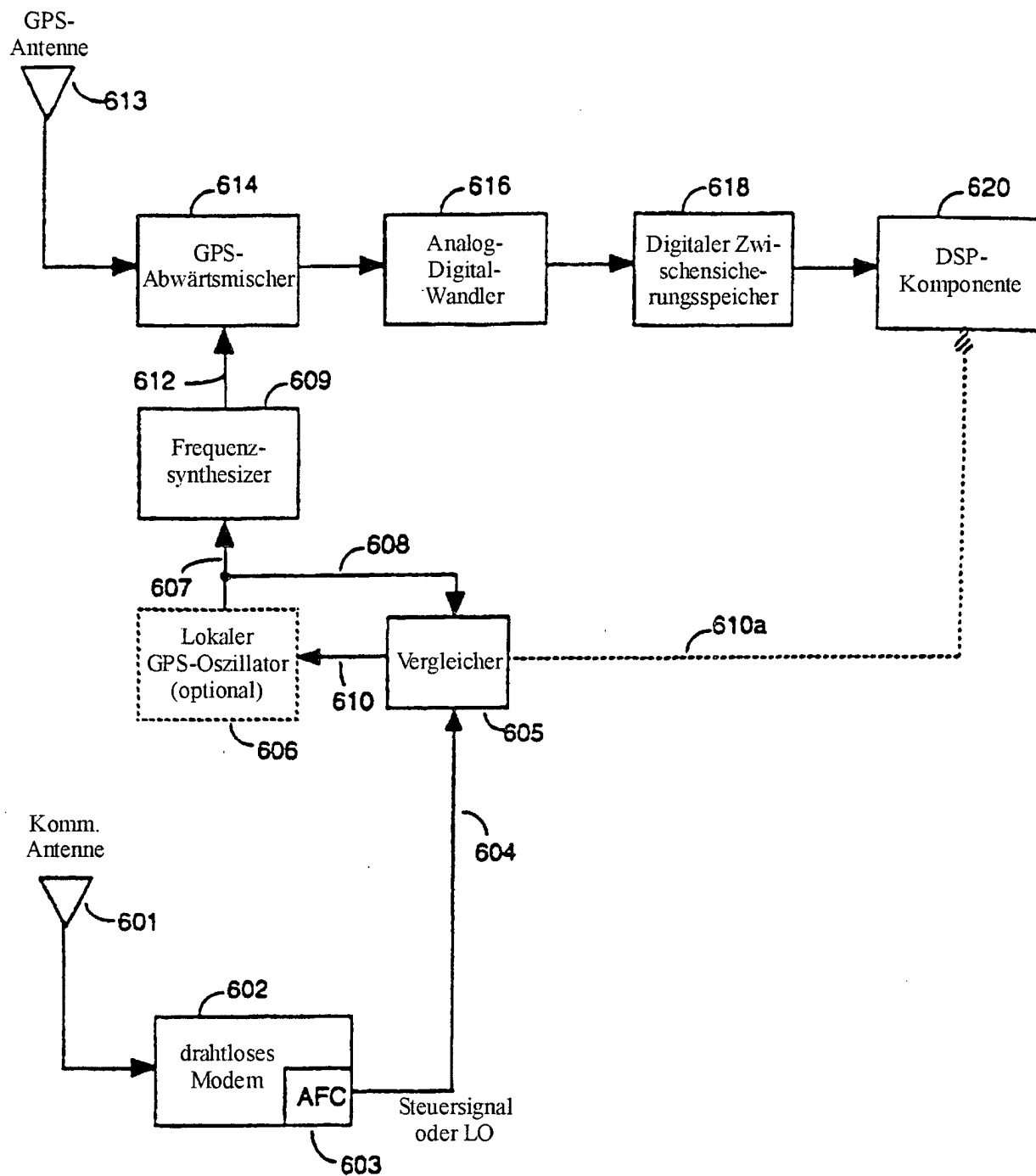
Figuren 4A, 4B, 4C, 4D, 4E

FIGUR 5A

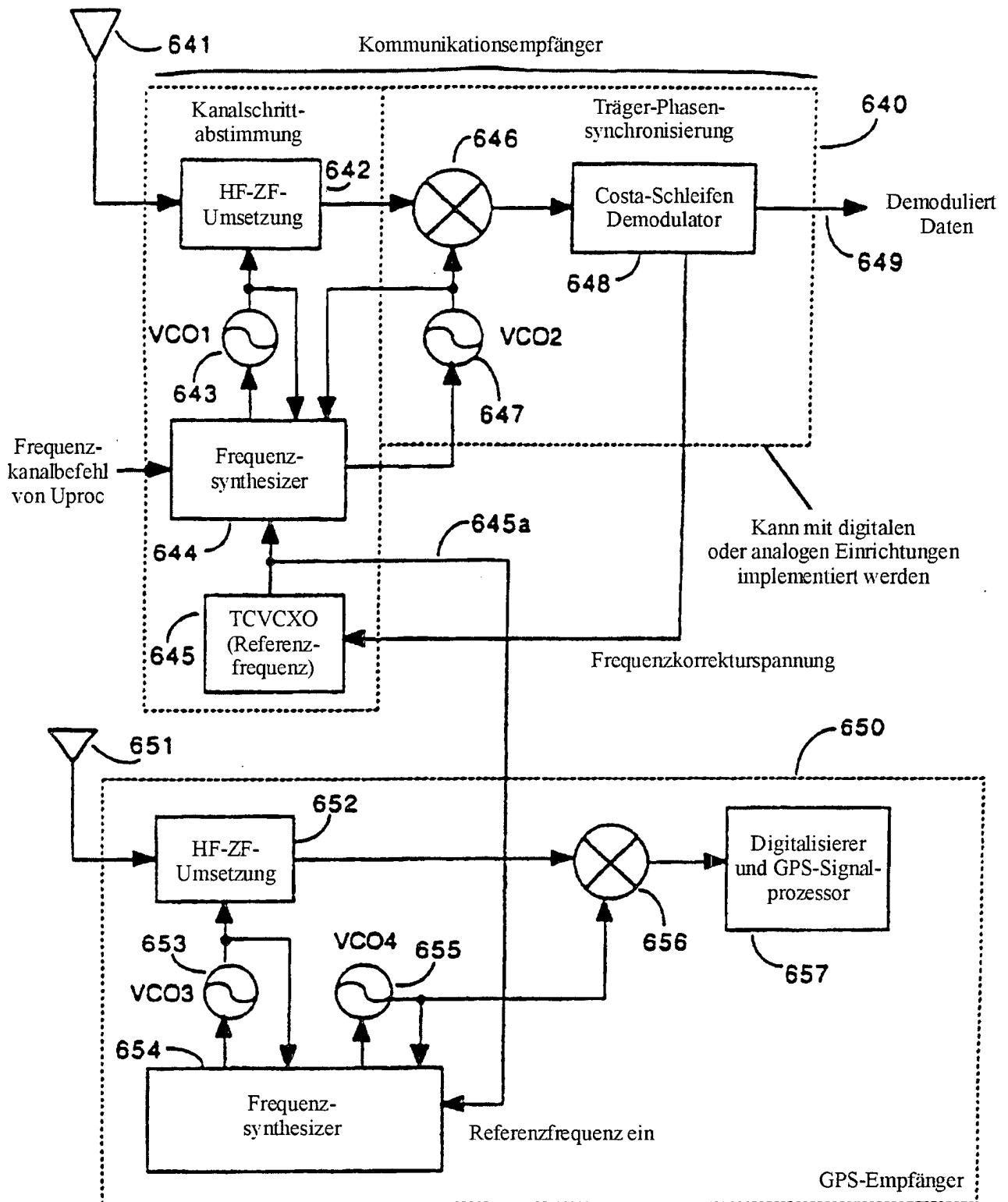


FIGUR 5B

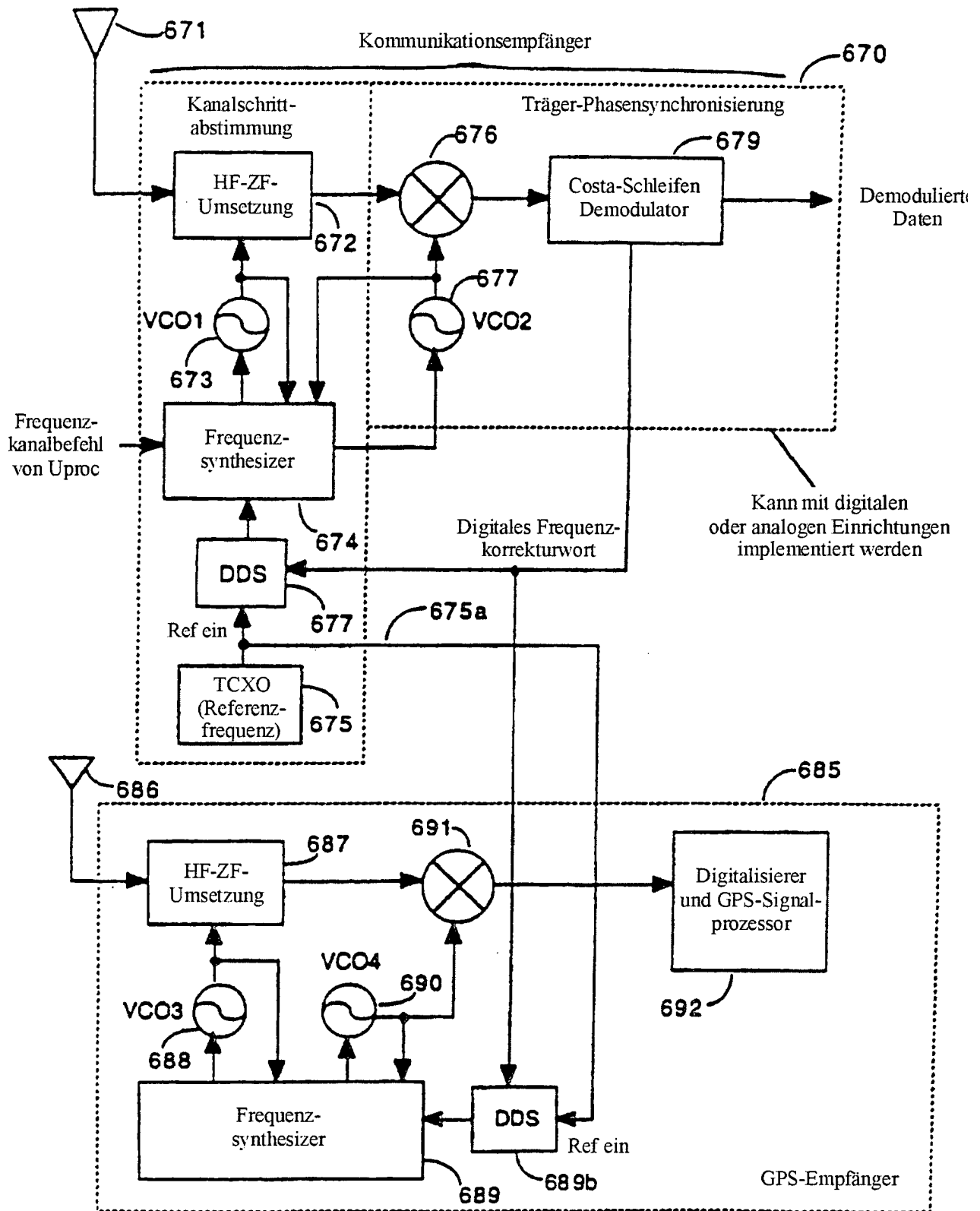




FIGUR 6A

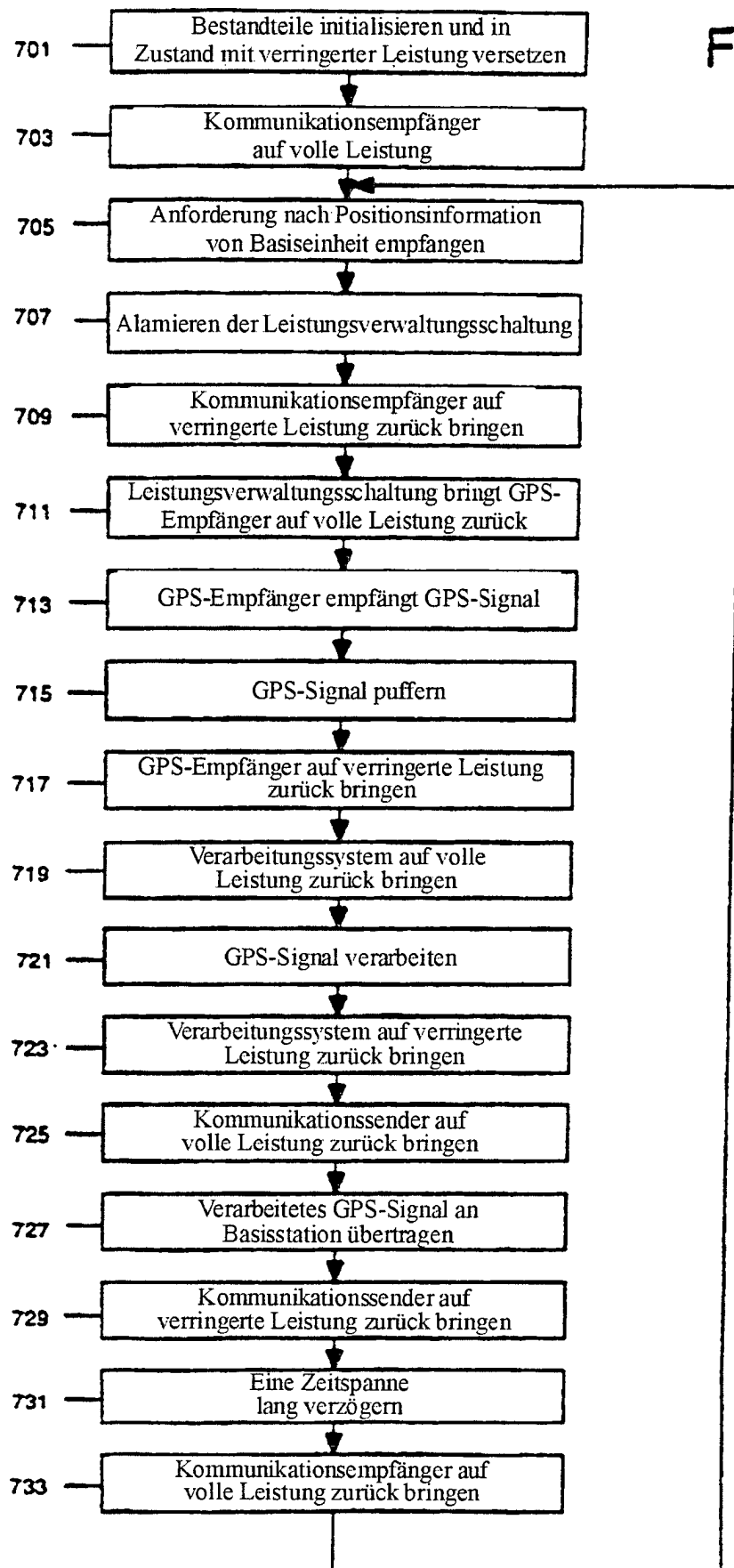


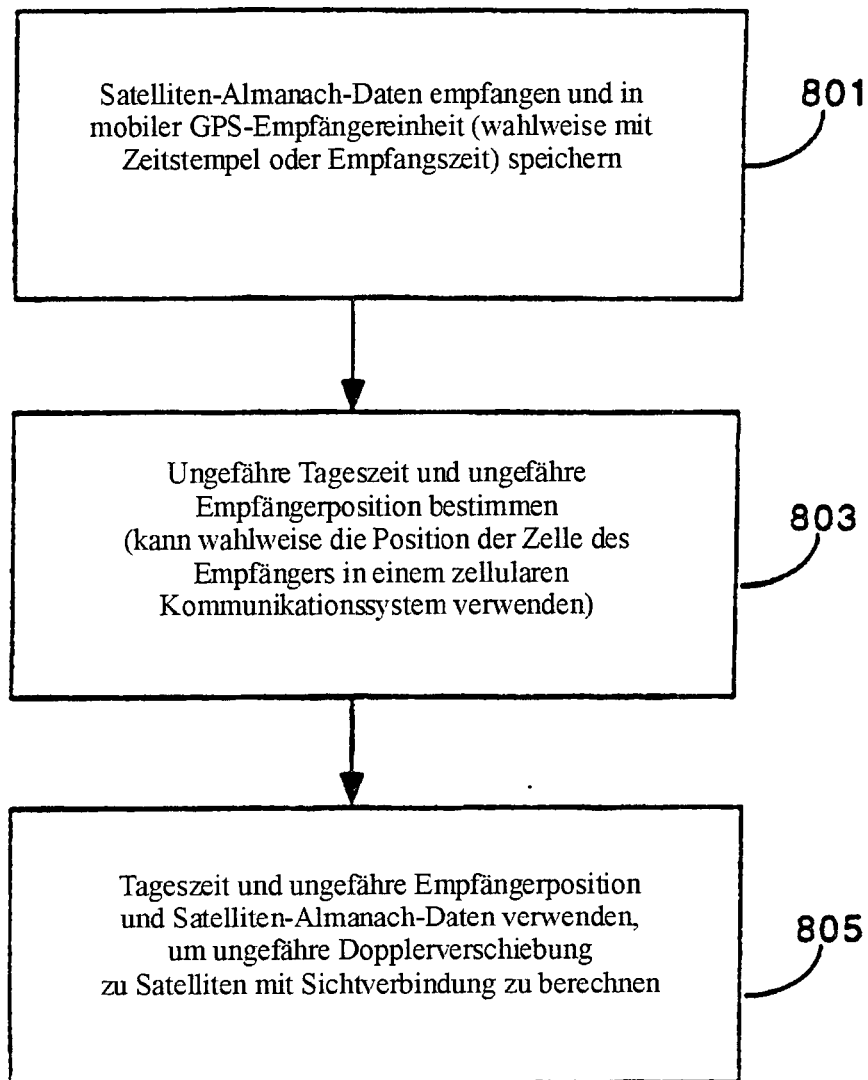
Figur 6B



Figur 6C

FIGUR 7





Figur 8