Von Oliver Lau

Funktionsprinzip

? Wie funktioniert die Ortsbestimmung per Satellit?

! Ob das unter US-Verwaltung stehende Global Positioning System (GPS), das vermutlich erst 2019 voll nutzbare europäische Galileo, das russische GLONASS oder das chinesische Beidou – sie funktionieren allesamt nach demselben Prinzip: Um die Erde kreisende Satelliten (bei Beidou zusätzlich geostationäre) senden Signale aus, in denen Daten über die Umlaufbahnen, ein hochgenauer Zeitstempel vom Zeitpunkt der Aussendung sowie die Satellitenkennung enthalten sind. Die Zeitinformationen stammen aus synchronisierten Atomuhren, die in die Satelliten eingebaut sind.

Ein Empfänger vergleicht die gesendeten Zeitstempel mit seiner aktuellen Uhrzeit und erhält so die Dauer, die das Signal vom Sender zum Empfänger benötigt hat. Da die Signale mit bekannter Geschwindigkeit (annähernd Lichtgeschwindigkeit) unterwegs sind, lassen sich daraus die Entfernungen zu den in „Sichtweite“ befindlichen Satelliten berechnen. Weil die aktuellen Positionen der Satelliten bekannt sind, kann der Empfänger die eigene Position auf der Erdoberfläche bestimmen (Trilateration).

Eins für alles

? Wenn die bestehenden Satellitennavigationssysteme nach demselben Prinzip funktionieren, heißt das, dass ich mit meinem GPS-Empfänger auch mithilfe von GLONASS oder Beidou meine Position bestimmen kann?

! Das wäre schön, funktioniert aber nicht, weil die Systeme auf unterschiedlichen Frequenzen senden und die gesendeten Daten unterschiedliche Formate haben. Es gibt aber durchaus Empfänger, die für mehrere Systeme Dekodierereinheiten besitzen.

Am sinnvollsten ist die Anschaffung eines Empfängers, der neben GPS das russische GLONASS unterstützt, weil GLONASS wie GPS weltweit nutzbar ist. Das russische System bietet zusammen mit GPS eine etwas höhere Genauigkeit bei der Positionsbestimmung, vor allem unter schlechten Empfangsbedingungen, beispielsweise in (Straßen-)Schluchten. Beidou ist nur auf chinesischem Territorium nützlich.

Zahlreiche Smartphones enthalten einen GLONASS-Empfänger, der sich parallel zum GPS-Chip nutzen lässt.

Zeit bis zur ersten Positionsbestimmung

? Warum dauert es manchmal minutenlang, bis mein Navi meine Position ermittelt hat, und manchmal nur Sekundenbruchteile?

! Die eigene Position kann der Empfänger nur feststellen, wenn er die Positionen der Satelliten kennt und seine interne Uhr mit denen der Satelliten synchronisiert hat. Die Satellitenpositionen berechnet er aus einer Liste von Bahn-daten (Almanach), die für bis zu 180 Tage im Voraus bereitstehen. Der Almanach findet sich in den Funksignalen der Satelliten. Er umfasst 37 500 Bit, gesendet mit einer Rate von nur 50 Bit/s. Es dauert also 12,5 Minuten, bis der Empfänger den Almanach vollständig eingelesen hat. Währenddessen kann er sich auf die Suche nach Signalen von Satelliten begeben, deren Positionen er bereits kennt. Hat er welche gefunden, kann der Empfänger seine interne Uhr stellen und mit der Positionsbestimmung (Fix) per Trilateration beginnen.

Vom Einschalten bis zum ersten Fix kann also durchaus mal eine Viertelstunde vergehen, abhängig davon, mit wie vielen Daten der Empfänger seine Bahn-datenliste aktualisieren musste und ob alle Daten ohne Unterbrechung eingelesen werden konnten. Moderne Empfänger speichern den Almanach zwischen oder lassen sich damit etwa via Mobilfunk-netz/Internet füttern (Assisted GPS, A-

GPS). Je aktueller und umfangreicher die Satellitendaten sind, umso kürzer die Zeit zum ersten Fix (Time to first fix, TTFF).

Geschwindigkeit

? Wie genau ist die Geschwindigkeitsmessung?

! Frühe GPS-Empfänger haben die Geschwindigkeit noch als Strecke pro Zeit ermittelt. Das heißt, der Empfänger hat die zwischen zwei Positionsbestimmungen zurückgelegte Strecke Δs durch die währenddessen verstrichene Zeit Δt geteilt, um die mittlere Geschwindigkeit zwischen den Positionen zu berechnen. Da die Positionsbestimmung im besten Fall nur auf wenige Meter genau ist, musste der GPS-Empfänger lange messen oder über mehrere Einzelmessungen mitteln, um eine einigermaßen zuverlässige Geschwindigkeitsangabe zu liefern. Eine Momentangeschwindigkeit lässt sich mit dieser Methode nicht bestimmen. Außerdem sinkt die Genauigkeit dieser Methode mit der Geschwindigkeit: Für fußgänger-typische Geschwindigkeiten sind solchermaßen zustande gekommenen Angaben praktisch nicht zu gebrauchen.

Moderne Empfänger erlauben die Messung der aktuellen Geschwindigkeit durch Ausnutzung des Doppler-Effekts. Der beschreibt, in welchem Maß ein Funksignal gestaucht oder gedehnt wird, wenn es von einem in Bewegung befindlichen Objekt ausgestrahlt wird. Die Geschwindigkeit v ergibt sich aus der Frequenzänderung Δf , der Signalfrequenz f und der Lichtgeschwindigkeit c : $v = \Delta f \cdot c / f / 2$.

Da zur Positionsbestimmung die genauen Positionen und Orbits der Satelliten bekannt sein müssen, kann man aus der Geschwindigkeit und Richtung der Satelliten die Geschwindigkeiten des Empfängers in x-, y- und z-Richtung ermitteln. Ein geeignetes GPS-Gerät vorausgesetzt, liegt die absolute Genauigkeit bei 0,1 km/h.

(ola@ct.de)

Links auf weiterführende Literatur: ct.de/yz9t