

Wie GPS funktioniert

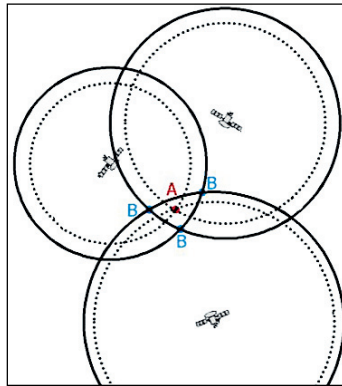
Warum dauert das so lange?

Navigationssysteme werden bald in jedes Auto eingebaut oder preiswert an die Scheibe geklebt. Für Radfahrer und Wanderer gibt es Handgeräte. Die Qualitätsunterschiede sind weniger groß als die Preisunterschiede. Dazu kommen noch mehr oder weniger aktuelle Landkarten, sodass sich direkte Empfehlungen nicht geben lassen. Doch auf die Frage: „Wie machen die das?“ sollte man eingehen.

VON FRITZ JÖRN *

Jeder der mindestens 24 Satelliten des GPS (Global Positioning System) umkreist zweimal täglich die Erde in einer Höhe von 20000 Kilometern. Diese Satelliten senden Signale aus, aus denen die genaue Zeit und ihr genauer Ort am Himmel hervorgehen, so genannte Ephemeriden (Ephemer heißt soviel wie flüchtig oder nur für einen Tag gültig). Für den eigenen Standort auf der Erde braucht es die Angaben mehrerer Satelliten und das genaue „Abstoppen“ der Signallaufzeit. Ginge alles mit rechten Dingen zu, so reichen zwei Satelliten, wie zwei Kreise mit Schnittpunkten auf einem Blatt Papier. Das Papier wäre dann die Erdoberfläche auf Meereshöhe null. Die Uhr im Empfänger ist aber ungenau, deshalb braucht es einen dritten Satelliten. Möchte man im Gebirge noch seine Höhe kennen, mindestens vier – mehr im Internet unter „www.Kowoma.De“.

Dass diese Ortung gelegentlich so lange dauert, liegt nicht am eingebauten Taschenrechner, sondern an der spärlichen Funkübertragung. Die GPS-Satelliten senden alle auf ein und denselben Funkfrequenzen von 1575,42 MHz (genannt L1) und 1227,60 MHz (L2). Zur Unterscheidung ist jedem Satelliten sein eigener PRN-Kode (pseudo random code, Pseudozufallscode) zugeordnet. Erst wenn der



Mit zwei Satelliten bekäme man eine grobe aber falsche Ortung – unter der Annahme, man befindet sich auf Meereshöhe. Erst mit drei Satelliten können aus drei konkurrierenden Schnittpunkten (B) Fehler korrigiert werden (A). Ein vierter Satellit erlaubt Höhenangaben und erhöht wie jeder weitere die Präzision der Ortung.

Empfänger diesen gefunden hat, kann er empfangen. Billige Empfänger stellen sich jeweils auf eine Frequenz und einen oder nur wenige PRNs ein, können also immer nur einen oder wenige PRN-Kodes zugleich probieren, bis sie ein Satellitensignal gefunden und entschlüsselt haben.

Schaltet man einen GPS-Satellitenempfänger nach langer Ruhepause ein, dauert es mindestens fünf Minuten, bis die erste Ortung vorliegt. Das hängt von der Zahl der zugleich beobacht-

baren Kanäle ab. Ein Glücksspiel. So gibt der Hersteller Garmin für seinen schönen Zwölf-Kanal-Empfänger fünf Minuten zum Absuchen des Himmels an, wenn noch keine Daten vorliegen.

Doch bereits nach dem erfolgreichen Dekodieren des ersten Satellitensignals empfängt man auf der abgehörten oberen Frequenz (L1) die Ephemeriden des Satelliten, das heißt seine genaue Position. Der Ephemeridenempfang eines GPS-Satelliten dauert eine halbe Minute, wenn das Signal klar und stark ist, sonst mehr. Bewegt man sich ungebührlich und der Datenstrom reißt, heißt es: Zurück auf Start. Bis dahin zeigt der Empfänger oft nur einen leeren Balken an. Nur „unterstützte“ Empfänger, die die Ephemeriden aus dritter Hand bekommen, können schon in Sekunden orten.

Außerdem wird noch ein längerer „Almanach“ gesendet mit den groben Umlaufdaten aller Satelliten, auch der anderen. In jeder der halbminütigen Nachrichtensendungen wird aber leider nur ein 25-stel des Almanachs übertragen – also dauert es mindestens 12,5 Minuten, bis er ganz vorliegt. Dieser wöchentlich herausgegebene Almanach mit einer „Mindesthaltbarkeitsdauer“ von rund sechs Monaten hilft dann älteren Empfängern, sich auf die erwarteten Satelliten einzustellen. Neuere haben ohnehin Mehrkanalempfänger. Der aktuelle Almanach ist inzwischen oft einfacher aus dem Internet zu holen, was bei mobilfunkangebundenen Geräten zu einem „assistierten GPS“ führen kann.

Doch es gibt nicht nur Mehrkanalempfänger, sondern auch Zweifrequenzempfänger. Mit dieser zusätzlichen Frequenz (L2) lassen sich u. a. Laufzeitfehler durch die Ionosphäre herausrechnen, die seit dem Abschalten der künstlichen Phasenschwankungen im Mai 2000 zu den relativ größten Ungenauigkeiten heutiger Satellitenempfänger führen. Empfängt man diese Frequenz nicht, hel-

fen dem Empfänger Almanachdaten zur Ionosphärenlage aus der ersten Frequenz (L1).

Hat das Ortungsgerät den Almanach schon einmal gelesen und gespeichert, dauert die Ortung an unbekanntem Ort und zu unbekannter Zeit nur mehr kurz.

Fest in Autos eingebaute Navigationssysteme haben oft noch einen Sensor, der die Wegstrecke misst, damit selbst im Tunnel der fahrende Fortschritt erkannt wird.

Sogar Trägheitsnavigationssensoren werden zusammen mit GPS benutzt. Diese Trägheits- bzw. Beschleunigungssensoren lassen erstaunlich genaue Geschwindigkeits- und Wegeberechnungen zu. Der Navi-Hersteller Tomtom bietet ein so genanntes ASN an, eine „assistierte Satellitennavigation“, wobei über einen zusätzlichen Chip als Zwei-Achsen-Beschleunigungsmesser die Eigenbewegung weitergerechnet wird. Ein Test in Südtiroler Tunnels verlief enttäuschend.

Sehr geschickt ist von Mobilfunk „assistiertes GPS“: Da wird dem GPS-Handy über Mobilfunk für seinen ungefähren Standort (die Funkzelle ist bekannt) schnell eine frische Portion Ephemeriden geschickt. Die Anlaufzeit ist minimal.

Tipp: Wenn Sie das nächste Mal mit einem Navigationssystem losfahren, schalten Sie es ein bisschen früher ein oder üben Sie sich in Geduld und denken an all das, was sich da zwischen Himmel und Erde gerade abspielt. **W**



* Fritz Jörn ist freier Journalist in Bonn