

GPS

Wegweiser im All

Was als Navigationssystem für militärische Zwecke begann, hat sich zu einem Massenprodukt entwickelt.

Von Mark Fischetti und Bernhard Gerl

Sonore Stimmen, Textangaben oder auch Pfeile dirigieren Autofahrer durch unbekannte Straßen, 3-D-Grafiken helfen an Autobahnkreuzen auf die richtige Spur, Icons verweisen auf die nächste Tankstelle. Die Satellitennavigation, kurz GPS genannt und ursprünglich für militärische Zwecke entwickelt, hat den Konsumenten erreicht.

Jedes Global Positioning System besteht aus drei Segmenten: den mindestens 24 in gut 20 000 Kilometer Höhe um die Erde kreisenden Satelliten, Bodenstationen zu deren Kontrolle sowie den Endgeräten der Nutzer. Ein Prozessor berechnet anhand der in jedem Satellitensignal kodierten Uhrzeiten des Aussendens sowie des Empfangs die Laufzeit und daraus wiederum den Abstand zum GPS-Satelliten. Theoretisch genügen drei Funksignale zur Bestimmung des Standorts. Weil die Endgeräte aber nur über Quarzuhren verfügen – die Flugkörper haben Atomuhren an Bord –, ist die Empfangszeit nicht präzise genug bestimmt. Ein viertes Signal hilft, die geringfügige Abweichung zu korrigieren.

In westlichen Ländern stehen derzeit die 24 Satelliten von NAVSTAR (*Navigational Satellite Timing and Ranging*) zur Verfügung. Ab 1978 wurde das System des amerikanischen Verteidigungsministeriums gestartet, seit 1995 ist es voll betriebsfähig. Bis zum Jahr 2000 wurden die Signale vom US-Militär gestört und die Genauigkeit der Positionsbestimmung so auf 100 Meter begrenzt. Seitdem lässt sich jeder Standort auf fünf bis zehn Meter in der Horizontalen, auf 35 Meter in der Vertikalen bestimmen.

Weitere Verbesserung werden Satelliten schaffen, die nicht ein einziges Funksignal, son-

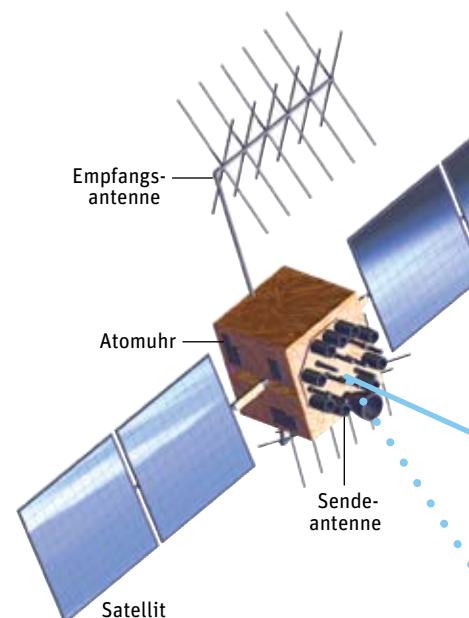
dern gleich drei auf unterschiedlichen Frequenzen senden. Auf diese Weise will man Störungen durch die elektrisch leitende Ionosphäre und damit geringfügige Verzögerungen in der Signallaufzeit kompensieren.

Die Genauigkeit wächst auch mit der Zahl der vom Empfänger »gesichteten« Satelliten. Auch deshalb arbeitet ein europäisches Konsortium an einem eigenen GPS-System namens Galileo, das NAVSTAR ergänzt, im Krisenfall aber auch davon unabhängig macht. Es soll in diesem Jahr den Probebetrieb aufnehmen und laut Planung ab 2012 voll betriebsfähig sein. Dann werden jederzeit 15 Satelliten – auch von NAVSTAR – sicht- und nutzbar sein. Kostenfrei soll die Genauigkeit vier Meter in der Ebene und knapp acht Meter in der Senkrechten betragen. Um das System zu finanzieren, verfälschen Störsender die Signale. Erwirbt der Nutzer einen speziellen Code, kann sein Empfänger die Störung herausfiltern und die Präzision auf einen halben Meter steigern. Weitere Verbesserungen sollen terrestrische Sender in Großstädten bieten, die zusätzliche Positionsdaten ausstrahlen, wenn in Straßenschluchten die »Sicht« auf Satelliten versperrt ist. So genannte hybride oder erweiterte GPS-Empfänger werden auch solche Informationen verwerten können.

Bei aller Genauigkeit im Detail zeigen die Displays aber nur einen kleinen Ausschnitt der Umgebung. Wer sich in einer Stadt oder Landschaft weiträumig orientieren möchte, um einen Weg selbst zu planen, wird die technischen Systeme wohl auch künftig mit üblichen Straßen- oder Geländekarten kombinieren.

Mark Fischetti ist Redakteur bei »Scientific American«, **Bernhard Gerl** ist freier Autor in Mainz.

In einer Höhe von 20 183 Kilometern kreisen **DIE SATELLITEN DES AMERIKANISCHEN NAVSTAR-SYSTEMS** um die Erde – 24 sind erforderlich, weitere drei oder vier können ausgefallene Satelliten ersetzen. Die Flugkörper geben permanent auf Frequenzen zwischen ein und zwei Gigahertz ihre aktuelle Position sowie die genaue Uhrzeit durch. Nach etwa zehn bis zwölf Jahren muss ein Satellit ausgetauscht werden, was derzeit zwei Monate dauert.



WUSSTEN SIE SCHON?

► **Meldungen über Staus und Sperrungen** senden einige Radiostationen digital über den *Traffic Message Channel* (TMC), einen sonst nicht genutzten Bereich des UKW-Signals. Entsprechend eingerichtete Navigationsgeräte verwerten diese Nachrichten, informieren den Fahrer, berechnen alternative Routen und vergleichen den zeitlichen Mehraufwand für eine Umfahrung mit der veranschlagten Zeit für die Verkehrsbehinderung.

► **Eine Variante der klassischen Schnitzeljagd** ist das Geocaching: Die einzelnen Stationen sind über ihre GPS-Koordinaten auffindbar. Diese wiederum ergeben sich teilweise als Lösung von Rätseln und einfachen Rechenaufgaben. Im Unterschied zur klassischen Schnitzeljagd funktioniert Geocaching ohne direkte Absprachen: Koordinaten und Aufgaben werden auf Webseiten

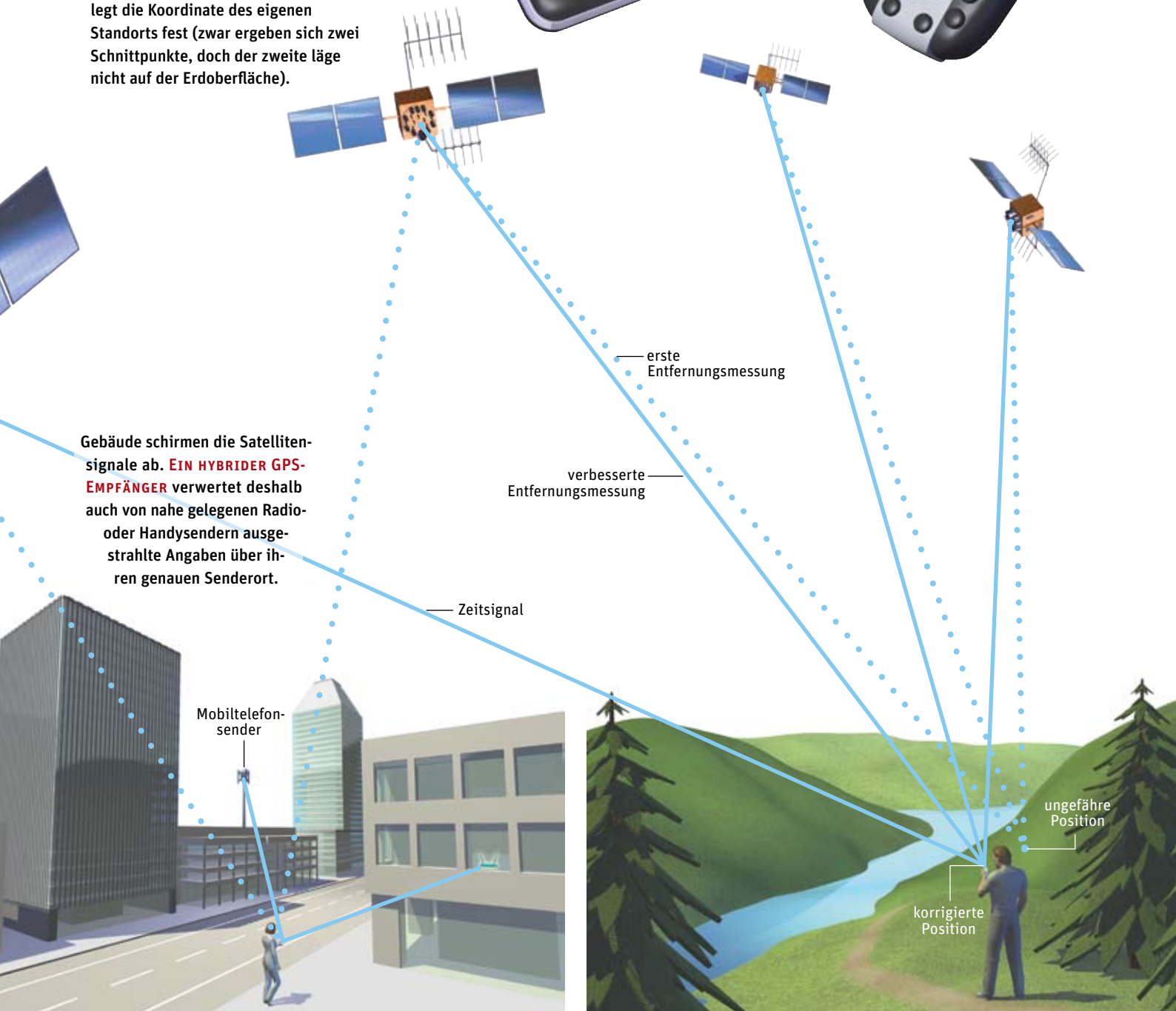
wie www.geocaching.com eingetragen. Mal genügt es, eine angegebene GPS-Position anzusteuern und dort den »Schatz« zu suchen – meist eine Dose mit einem Logbuch, mitunter auch mit kleineren Gegenständen –, ein anderes Mal müssen Rätsel gelöst werden wie beim Cache »Rauchzeichen 2.0« (er erfordert die Lektüre eines bestimmten Artikels dieser Zeitschrift). Allein in Deutschland gibt es nach Angaben des Geräteherstellers Garmin bereits mehr als 100 000 Caches.

► **Russland arbeitet schon seit dem Kalten Krieg** am GPS-System GLONASS, das in diesem Jahr in Betrieb gehen soll, Europa will bis 2012 Galileo, China bis 2015 Beidou fertig stellen. Auch Indien und Japan haben Pläne, doch deren Satelliten sollen nur die GPS-Abdeckung über dem eigenen Staatsgebiet verbessern.

Ein Empfänger berechnet aus der Uhrzeit des Aussendens, die im Signal kodiert ist, sowie der des Empfangs die Laufzeit und daraus wiederum den Abstand zum **GPS-SATELLITEN**. Dieser entspricht dem Radius einer Kugel um den Empfänger, auf deren Oberfläche sich der Satellit befinden muss. Der Schnittpunkt von drei solchen Kugeln legt die Koordinate des eigenen Standorts fest (zwar ergeben sich zwei Schnittpunkte, doch der zweite läge nicht auf der Erdoberfläche).

Der Nutzer kann je nach Anwendung zwischen diversen Endgeräten wählen.

Neben dem großen Navigationsmodul für das Automobil bieten hochpreisige Mobilfunkgeräte GPS-Funktion (links), für Wanderer und Radfahrer empfiehlt sich ein kompaktes GPS-Handgerät (rechts).



Gebäude schirmen die Satellitensignale ab. **EIN HYBRIDER GPS-EMPFÄNGER** verwertet deshalb auch von nahe gelegenen Radio- oder Handysendern ausgestrahlte Angaben über ihren genauen Senderort.